

冷库 制冷设计手册

商业部设计院编著



农业出版社

冷库制冷设计手册

商业部设计院编著

农业出版社

冷库制冷设计手册

商业部设计院编著

* * *

责任编辑 陈力行

农业出版社出版（北京朝阳区枣营路）

新华书店北京发行所发行 兰州新华印刷厂印刷

850×1168横32开本 21.75印张 3插页 519千字

1991年10月第1版 1991年10月甘肃第1次印刷

印数 1—4,850册 定价 13.90元

ISBN 7-109-01116-X/TH·66

前 言

本手册是第一本按国家法定计量单位编写的制冷设计手册，国家法定计量单位规定在1990年全面施行，本手册可及时提供设计便利。为了帮助读者使用，手册中既给出了新旧单位换算，又在必要处用括号加注旧单位（如： kcal/h 、 kgf/cm^2 ）作为过渡，以便查阅时能和以往概念联系。

为贯彻实施国家标准GBJ72-84《冷库设计规范》，手册内有关部分均按照规范要求编写。

本手册内容包括：冷库库容量和制冷负荷的计算，氨、氟系统机器设备的选择计算和管道设计，小型冷库的制冷计算，冷库制冷系统的安装、验

收、冷藏易腐食品参考资料，常用资料 and 材料等。

本手册较以往版本着重增添了以下一些计算资料，如：有关氨泵供液的两相流管径负荷计算图表，并举例说明如何应用；氟利昂冷库的机器设备计算和管道设计，特别是根据美国《ASHRAE手册1986年应用篇》补充了R12、R22、R502的管径计算图表，向读者提供最新资料；以及包括装配式冷库在内的小型冷库设计资料等。

本手册可供从事冷库制冷设计的技术人员、冷库技术管理人员、各行业制冷工程技术人员，以及有关院校师生参考。

本手册第一、三、八、九章由程刚编写，第二、四、六章由胡大卫编写，第五、七、十章由叶尉南编写，全书由郭孝礼负责编审。

在编写过程中得到中国制冷学会、上海水产大学、上海市第二商业局、上海市食品公司、上海市水产供销公司、广东省食品公司、深圳市食品公司

等单位热情协助，表示感谢。

由于水平和条件所限，书中难免存在缺点错误，恳切希望读者批评指正。

商业部设计院

一九八八年三月

目 录

第一章 常用资料

| | |
|-------------------------------|----|
| 一、单位换算 | 1 |
| 1. 常用计量单位符号表 | 1 |
| 2. 用于构成十进倍数和分数单位的词头 | 14 |
| 3. 长度、面积、体积单位换算表 | 15 |
| 4. 质量单位换算表 | 17 |
| 5. 各种温度单位换算表 | 18 |
| 6. 各种温度的热力学零度、水冰点、水三相点及水沸点温度值 | 18 |
| 7. 密度单位换算表 | 19 |
| 8. 比容单位换算表 | 19 |
| 9. 速度单位换算表 | 20 |
| 10. 体积流速单位换算表 | 20 |
| 11. 力单位换算表 | 21 |

| | |
|---------------------|----|
| 12. 压力单位换算表 | 21 |
| 13. 功、能和热量单位换算表 | 22 |
| 14. 功率单位换算表 | 22 |
| 15. 制冷量单位换算表 | 23 |
| 16. 传热系数(放热系数)单位换算表 | 24 |
| 17. 热导率(导热系数)单位换算表 | 24 |
| 18. 热阻率单位换算表 | 25 |
| 19. 热流量密度单位换算表 | 25 |
| 20. 散热率单位换算表 | 26 |
| 21. 比热容单位换算表 | 26 |
| 22. 比内能单位换算表 | 27 |
| 23. 动力粘度单位换算表 | 27 |
| 24. 运动粘度单位换算表 | 28 |
| 25. 单位阻力单位换算表 | 28 |
| 26. 水的硬度单位换算表 | 29 |

| | |
|--|----|
| 27. 蒸汽渗透系数单位换算表 | 29 |
| 28. 蒸汽渗透率单位换算表 | 30 |
| 29. 蒸汽渗透阻单位换算系数 | 30 |
| 30. 毫米与英寸对照表 | 31 |
| 31. 立方米与立方英尺对照表 | 32 |
| 32. 摄氏温度与华氏温度对照表 | 33 |
| 33. 运动粘度(厘斯)与恩氏粘度($^{\circ}\text{E}$)对照表 | 41 |
| 34. 千克力/厘米 ² 与磅力/英寸 ² 对照表 | 42 |
| 35. 常用线规号码与线径(毫米、英寸)对照表 | 46 |
| 36. 千克力数化为牛顿数的换算表 | 49 |
| 37. 千米/时数化为米/秒数的换算表 | 50 |
| 38. 千克力/厘米 ² 数化为帕斯卡数的换算表 | 51 |
| 39. 毫米汞柱数或托数化为牛顿/米 ² 数的换算表 | 52 |
| 40. 瓦特·小时数化为焦耳数的换算表 | 53 |
| 41. 卡(千卡)数化为焦耳(千焦)数的换算表 | 54 |
| 42. 千卡/时数化为瓦数的换算表 | 55 |
| 43. 磅力/英寸 ² 数化为帕斯卡数的换算表 | 56 |
| 44. 英热单位数化为焦耳数的换算表 | 57 |
| 45. 英热单位/磅数化为焦耳/千克数的换算表 | 58 |
| 46. 英热单位/(英尺 ³ ·时)数化为瓦/米 ³ 数的换算表 | 59 |
| 47. 英热单位/(英尺·时· $^{\circ}\text{F}$)数化为瓦/(米·开)数的换算表 | 60 |

| | |
|---|----|
| 48. 英热单位/(英尺 ² ·时· $^{\circ}\text{F}$)数化为瓦/(米 ² ·开)数的换算表 | 61 |
| 49. 英热单位数化为千卡数的换算表 | 62 |
| 50. 英热单位/磅数化为千卡/千克数的换算表 | 63 |
| 51. 英热单位/(英尺 ³ ·时)数化为千卡/(米 ³ ·时)数的换算表 | 64 |
| 52. 英热单位/(英尺·时· $^{\circ}\text{F}$)数化为千卡/(米·时· $^{\circ}\text{C}$)数的换算表 | 65 |
| 53. 英热单位/(英尺 ² ·时· $^{\circ}\text{F}$)数化为千卡/(米 ² ·时· $^{\circ}\text{C}$)数的换算表 | 66 |

二、数学数值67

| | |
|----------------------|----|
| 1. 平面图形的面积 | 67 |
| 2. 多面体的体积和表面积 | 69 |
| 3. 贮罐内液体的体积计算 | 71 |
| 4. 贮罐外保温层材料的体积计算 | 73 |
| 5. 对数平均温差计算图(顺流或逆流时) | 74 |

三、物理数值75

| | |
|--|----|
| 1. 干空气在压力为101.325千帕时对传热有影响的物理参数 | 75 |
| 2. 空气的含热量值 $h(-20-40^{\circ}\text{C})$ | 76 |
| 3. 饱和空气的含湿量图 | 81 |

| | |
|--|----|
| 4. 相对湿度下的露点温度 t | 82 |
| 5. 湿空气的 $h-d$ 图(80—40 $^{\circ}\text{C}$) | 83 |
| 6. 湿空气的 $h-d$ 图(0—75 $^{\circ}\text{C}$) | 83 |
| 7. 饱和水蒸汽压力图 | 84 |
| 8. 水对传热有影响的物理参数 | 85 |
| 四、制图图例及其它 | 86 |
| 1. 制冷常用管线、管网及小件设备图例 | 86 |
| 2. 单线式管线图例 | 89 |
| 3. 建筑图例 | 90 |
| 4. 全国主要城市地震基本烈度 | 95 |
| 5. 全国主要城市地下3.2米深处历年最低两个月的土壤平均温度 | 97 |

第二章 常用制冷剂、载冷剂和制冷

压缩机用冷冻机油

| | |
|----------------------|-----|
| 一、常用制冷剂 | 98 |
| (一) 制冷剂的毒性 | 100 |
| (二) 氨的燃烧性和爆炸性 | 101 |
| (三) 制冷剂的热稳定性 | 101 |
| (四) 制冷剂对材料的作用 | 102 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| (五) 制冷剂与水的作用 | 102 |
| (六) 制冷剂与冷冻机油的作用 | 102 |
| 二、载冷剂 | 103 |
| 三、冷冻机油 | 118 |
| (一) 国产冷冻机油 | 118 |
| (二) 美、英、联邦德国、日、苏五个国家的冷冻机油规格 | 120 |

第三章 冷库库容量、制冷负荷计算及

易腐食品冷藏方面参考资料

| | |
|---------------------------------|-----|
| 一、食品冷库的概述 | 127 |
| (一) 食品冷库的分类 | 127 |
| (二) 食品生产的工艺流程 | 128 |
| (三) 食品冷库制冷的基础资料 | 133 |
| (四) 冷库各冷间生产能力和容量 | 136 |
| 1. 冷却间、冻结间生产能力计算 | 138 |
| 2. 冷却物冷藏间、冻结物冷藏间及贮冰间的容量计算 | 138 |
| 3. 冷间内货架距建筑物、设备尺寸 | 141 |
| 二、冷库冷间负荷计算 | 142 |
| (一) 室外计算参数的确定 | 142 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| (二) 冷间设计温度和相对湿度 | 166 |
| (三) 冷间冷却设备负荷计算 | 167 |
| 1. 围护结构传热 Q_1 的计算 | 167 |
| 2. 货物热量 Q_2 的计算 | 184 |
| 3. 通风换气热量 Q_3 的计算 | 195 |
| 4. 电动机运转热量 Q_4 的计算 | 195 |
| 5. 操作热量 Q_5 的计算 | 196 |
| (四) 冷间机械负荷计算 | 197 |
| (五) 冷库各类冷加工间、冷藏间等单位制冷负荷 | 201 |
| 1. 肉类冷冻加工单位制冷负荷 | 201 |
| 2. 冷藏间、制冰等单位制冷负荷 | 202 |
| 3. 冻结物冷藏间每吨需用冷却面积 | 202 |
| 4. 冷库冷间净面积与冷却设备表面积之比 | 203 |
| 三、易腐食品冷藏方面参考资料 | 206 |
| (一) 易腐食品的主要物理性质 | 207 |
| (二) 食品的干耗(即水分蒸发) | 216 |
| (三) 食品冻结时间 | 220 |
| (四) 食品在冷库内的贮藏期 | 224 |
| (五) 冻结肉类、禽类的融化程度 | 226 |
| (六) 冷间的消毒、灭鼠与除异味 | 226 |

第四章 氨系统机器设备的选择计算

| | |
|----------------------------|-----|
| 一、氨压缩机的计算 | 228 |
| (一) 一般原则 | 228 |
| (二) 几个参数的确定 | 229 |
| 1. 蒸发温度 | 229 |
| 2. 冷凝温度 | 230 |
| 3. 过冷温度 | 230 |
| 4. 中间冷却温度 | 230 |
| 5. 吸气温度 | 230 |
| 6. 排气温度 | 231 |
| 7. 氨热力性质和压焓图 | 231 |
| 8. 国产氨制冷压缩机基本参数 | 231 |
| (三) 氨压缩机制冷量和功率计算 | 242 |
| 1. 氨单级活塞式压缩机制冷量和功率计算 | 242 |
| 2. 氨螺杆式压缩机制冷量和功率计算 | 246 |
| 3. 氨双级压缩机制冷量和功率计算 | 247 |
| 二、冷凝器 | 257 |
| (一) 冷凝器型式的选择 | 257 |
| (二) 冷凝器负荷的计算 | 257 |
| 1. 单级压缩机 | 257 |
| 2. 双级压缩机 | 258 |

| | |
|------------------------|-----|
| (三) 冷凝器面积计算 | 258 |
| (四) 冷却水用量 | 260 |
| (五) 卧式冷凝器冷却水水程计算 | 261 |
| (六) 卧式冷凝器阻力计算 | 261 |
| (七) 冷却水水温和水质要求 | 262 |
| 三、蒸发器 | 263 |
| (一) 蒸发器面积计算 | 263 |
| (二) 盐水泵 | 264 |
| (三) 搅拌器选择计算 | 265 |
| 四、其他辅助设备 | 268 |
| (一) 贮液器容积计算 | 268 |
| (二) 排液桶容积计算 | 268 |
| (三) 油分离器直径计算 | 269 |
| (四) 中间冷却器的选择 | 269 |
| (五) 低压循环桶的选择 | 270 |
| (六) 氨液分离器直径的计算 | 272 |
| (七) 低压贮液器的选择 | 272 |
| (八) 氨泵的选择 | 273 |
| (九) 空气分离器的选择 | 274 |
| (十) 集油器的选择 | 274 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| (十一) 盐水膨胀箱容积计算 | 275 |
| 五、冷间冷却设备 | 275 |
| (一) 一般原则 | 275 |
| (二) 顶排管和墙排管 | 280 |
| 1. 顶、墙排管面积的计算 | 280 |
| 2. 顶、墙排管K值计算 | 280 |
| 3. 部分顶、墙排管规格尺寸 | 236 |
| (1) 光滑U形直式顶排管 (286) | |
| (2) 光滑U型斜式顶排管 | |
| (289) | |
| (3) 光滑蛇形顶排管 (296) | |
| (4) 光滑蛇形墙 | |
| 排管 (302) | |
| (三) 冷风机 | 308 |
| 1. 冷风机的简介和规格 | 308 |
| 2. 干式冷风机计算 | 312 |
| (1) 冷风机冷面面积 A [m^2] 的计算 (312) | |
| (2) 传热 | |
| 系数K值(312) | |
| (3) 冷间空气温度与制冷剂温度差 Δt | |
| (312) | |
| (4) 冷风机风量计算(315) | |
| (5) 冷风机断面 | |
| 净面积计算 (315) | |
| (6) 冷风机断面 | |
| 面积计算(315) | |
| (7) 通风机全风压计算 (315) | |
| (8) 通风机功率计算(316) | |
| (9) 融霜水量计算 (317) | |
| (四) 均匀送风道 | 317 |
| 1. 冷间配风系统的一般原则 | 317 |
| 2. 带圆形喷风口的均匀送风道 | 318 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 3. 带条缝送风口的均匀送风道 | 319 |
| 4. 带百页窗口的均匀送风道 | 321 |
| 六、盐水制冰 | 325 |
| (一) 盐水的要求 | 325 |
| (二) 水的物性性质 | 326 |
| (三) 冰桶规格及冻结时间 | 326 |
| (四) 盐水制冰制冷负荷 $\Sigma Q[W]$ 的计算 | 328 |
| (五) 盐水制冰蒸发器面积计算 | 330 |
| (六) 盐水搅拌器流量 | 330 |
| 七、氨压缩机及辅助设备的布置 | 331 |
| (一) 机房内设备布置的原则 | 331 |
| (二) 压缩机的布置 | 331 |
| (三) 中间冷却器的布置 | 331 |
| (四) 油分离器的布置 | 332 |
| (五) 冷凝器的布置 | 332 |
| (六) 贮液器的布置 | 333 |
| (七) 排液桶的布置 | 334 |
| (八) 机房氨液分离器的布置 | 334 |
| (九) 低压贮液器的布置 | 334 |
| (十) 低压循环桶的布置 | 334 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 八、冷间冷却设备的布置 | 335 |
| (一) 冻结物冷藏间 | 335 |
| (二) 冷却物冷藏间 | 335 |
| (三) 储冰间 | 336 |
| (四) 冻结间 | 336 |

第五章 氨系统管道设计

| | |
|--|-----|
| 一、氨系统制冷管道的管径计算 | 338 |
| (一) 氨单相流吸气管负荷量(kW) | 339 |
| (二) 氨单相流吸气管、排气管和液体管负荷量(kW)(适用单级或高压级) | 343 |
| (三) 管长小于30m氨管管径计算 | 345 |
| (四) 蒸发温度-15℃氨单相流吸气管管径计算 | 346 |
| (五) 蒸发温度-28℃氨单相流吸气管管径计算 | 348 |
| (六) 蒸发温度-33℃氨单相流吸气管管径计算 | 349 |
| (七) 蒸发温度-40℃氨单相流吸气管管径计算 | 350 |
| (八) 氨两相流吸气管负荷量(kW) | 352 |
| (九) 蒸发温度-10℃氨两相流吸气管管径计算 | 353 |
| (十) 蒸发温度-15℃氨两相流吸气管管径计算 | 354 |
| (十一) 蒸发温度-28℃氨两相流吸气管管径计算 | 355 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| (十二) 蒸发温度 - 33℃ 氨两相流吸气管管径计算 | 357 |
| (十三) 蒸发温度 - 40℃ 氨两相流吸气管管径 计算 | 358 |
| (十四) 蒸发温度 - 45℃ 氨两相流吸气管管径 计算 | 359 |
| (十五) 氨排气管管径计算 | 361 |
| (十六) 冷凝器到贮氨器之间氨液管管径计算 | 362 |
| (十七) 贮氨器到分配站之间氨液管管径计算 | 363 |
| (十八) 盐水管管径计算 | 364 |
| (十九) 在不同工况条件下的修正 | 365 |
| 二、制冷设备安全阀口径的选择 | 368 |
| 三、系统管道坡度方向 | 369 |
| 四、管道伸缩弯的计算 | 369 |
| 五、工作时的管道重量 | 372 |
| 六、管道加固和管道穿楼板穿墙 | 375 |
| 七、管道和设备的保温 | 377 |
| 八、氨管道设计注意事项 | 381 |

第六章 氟利昂系统机器设备的选择计算

| | |
|---------------|-----|
| 一、氟压缩机选择的一般规定 | 406 |
|---------------|-----|

| | |
|------------------------------------|-----|
| 二、国产系列活塞式氟压缩机的基本参数 | 407 |
| (一) JB955-67 开启式单级制冷压缩机基本 参数 | 407 |
| (二) JB955-67 半封闭式单级制冷压缩机基 本参数 | 409 |
| 三、R12、R22、R502 热力性质表和压—焓图 | 410 |
| (一) R12 热力性质和压焓图 | 410 |
| (二) R22 热力性质和压焓图 | 420 |
| (三) R502 热力性质和压焓图 | 430 |
| 四、几个参数的确定 | 431 |
| 五、氟压缩机制冷量和功率计算 | 431 |
| (一) 采用回热循环时, 氟单级活塞式压缩机 制冷量和功率计算 | 431 |
| (二) 氟双级压缩机制冷量和功率计算 | 448 |
| 六、冷凝器 | 452 |
| (一) 冷凝器面积计算 | 452 |
| (二) 冷却水用量 | 453 |
| (三) 空冷式冷凝器风量计算 | 453 |
| 七、蒸发器 | 453 |
| 八、其他辅助设备 | 454 |

| | |
|-----------------------|-----|
| (一) 贮液器容积计算..... | 454 |
| (二) 油分离器..... | 455 |
| (三) 回热式热交换器..... | 455 |
| (四) 中间冷却器..... | 457 |
| (五) 热力膨胀阀的选择..... | 457 |
| (六) 分液器..... | 463 |
| (七) 过滤器..... | 463 |
| (八) 干燥器..... | 467 |
| 九、制冷压缩机及其辅助设备的布置..... | 467 |
| 十、冷间冷却设备..... | 467 |
| (一) 墙排管和顶排管..... | 467 |
| (二) 冷风机..... | 470 |

第七章 氟利昂系统管道设计

| | |
|----------------------------|-----|
| 一、氟利昂系统管道的管径计算..... | 479 |
| (一) 吸气管..... | 479 |
| (二) 排气管..... | 506 |
| (三) 液体管..... | 508 |
| 二、氟利昂系统管道设计..... | 520 |
| (一) 氟利昂制冷系统与氨制冷系统的不同点..... | 520 |

| | |
|--------------------|-----|
| (二) 氟利昂管道设计要求..... | 520 |
| (三) 吸气管..... | 522 |
| (四) 排气管..... | 525 |
| (五) 高压供液管..... | 527 |
| (六) 低压供液管..... | 532 |

第八章 小型冷库库容量、制冷负荷计算

| | |
|----------------------------|-----|
| 一、概述..... | 533 |
| 二、冷库库容量计算..... | 533 |
| (一) 冷却间、冻结间的生产能力计算..... | 533 |
| (二) 冷藏间容量计算..... | 534 |
| 三、制冷负荷计算..... | 534 |
| (一) 室外计算参数及冷间设计温湿度的确定..... | 534 |
| (二) 冷间冷却设备负荷计算..... | 534 |
| (三) 冷间机械负荷计算..... | 537 |
| (四) 制冷负荷估算图表..... | 537 |

第九章 冷库制冷系统安装和验收

| | |
|-------------------|-----|
| 一、氨制冷系统安装和验收..... | 553 |
|-------------------|-----|

| | |
|--------------------------|------------|
| (一) 氨压缩机..... | 553 |
| (二) 辅助设备..... | 554 |
| (三) 冷间冷却设备..... | 555 |
| (四) 测量仪表..... | 556 |
| (五) 阀门..... | 557 |
| (六) 系统管道..... | 558 |
| (七) 系统试压、排污、检漏、抽真空..... | 560 |
| (八) 设备和管道保温..... | 562 |
| (九) 管道油漆..... | 563 |
| (十) 系统灌氨..... | 564 |
| (十一) 试运转..... | 565 |
| (十二) 验收投产..... | 565 |
| 二、氟制冷系统安装和验收..... | 565 |
| (一) 机房设备安装..... | 565 |
| (二) 冷间冷却设备..... | 567 |
| (三) 测量仪表..... | 568 |
| (四) 阀门..... | 568 |
| (五) 系统管道..... | 569 |
| (六) 系统排污、试压、检漏..... | 572 |
| (七) 抽真空试验..... | 574 |

| | |
|----------------------|-----|
| (八) 设备和管道的保温和油漆..... | 575 |
| (九) 充注氟利昂制冷剂..... | 576 |
| (十) 试运转..... | 576 |
| (十一) 验收投产..... | 577 |

第十章 常用材料

| | |
|---|------------|
| 一、型钢..... | 578 |
| 1. 热轧圆钢 (GB702-86)..... | 578 |
| 2. 热轧扁钢 (GB704-88)..... | 579 |
| 3. 热轧等边角钢 (GB9787-88)..... | 582 |
| 4. 热轧不等边角钢 (GB9788-88)..... | 586 |
| 5. 热轧工字钢 (GB706-88) (YB163-63)..... | 588 |
| 6. 热轧槽钢 (GB707-88) (YB164-36)..... | 590 |
| 二、钢板及钢带..... | 592 |
| 1. 钢板每平方米面积理论重量表..... | 592 |
| 2. 各种尺寸钢板面积表..... | 593 |
| 3. 热轧厚钢板品种 (GB709-88)..... | 594 |
| 4. 轧制薄钢板品种 (GB708-88)..... | 596 |
| 5. 镀锌用原板和酸洗薄钢板 (YB181-65)..... | 599 |
| (1) 镀锌用原板和酸洗薄钢板品种 (599) (2) 镀锌用原板 和酸洗薄钢板的每张理论重量表 (601) | |

| | |
|---|-----|
| 6. 低碳钢冷轧钢带 (YB209-63) | 602 |
| 三、管材 | 603 |
| 1. 无缝钢管 (GB8163-87) | 603 |
| 2. 异形无缝钢管 (GB3094-82, YB435-64) | 607 |
| (1) D-1 方形钢管 (607) (2) D-2 矩形钢管 (608) | |
| (3) 半圆形钢管 (611) | |
| 3. 低压流体输送用焊接钢管 (GB3092-82) 镀锌焊接钢管 (GB3091-82) | 612 |
| 4. 紫铜 (YB447-70) 及黄铜 (YB448-71) 拉制管 | 613 |
| 四、管件 | 618 |
| 1. 钢管45°、90°弯头 | 618 |
| 2. 钢管异径同心接头 | 622 |
| 3. 钢管等径三通接头 | 625 |
| 4. 钢管异径三通接头 | 626 |
| 5. 钢管套管接头 | 629 |
| 6. 钢管异径接头 | 630 |
| 7. 钢管等径三通接头 | 632 |
| 8. 钢管异径三通接头 | 633 |
| 9. 钢管45°弯头 | 635 |
| 10. 钢管90°弯头 | 636 |
| 11. 钢管180°弯头 | 637 |
| 12. 氨铸铁法兰 (光滑密封面, JB78-59) | 638 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 13. 氨铸钢法兰 (光滑密封面, JB79-59) | 639 |
| 14. 氨铸钢法兰 (凹凸密封面, JB79-59) | 640 |
| 15. 氨铸钢铸铁凸法兰 (榫槽密封面) | 641 |
| 16. 氨铸钢铸铁凹法兰 (榫槽密封面) | 642 |
| 17. 铜管喇叭口 | 643 |
| 18. 铜接头螺母 | 644 |
| 19. 英制铜接头螺母 | 645 |
| 20. 铜接头 | 646 |
| 21. 英制铜接头 | 646 |
| 22. 铜对称接头 | 647 |
| 23. 铜三通接头 | 648 |
| 24. 铜瓶铜接头 | 649 |
| 25. 铜六角螺塞 | 650 |
| 26. 快速接头 (两端开闭式) | 651 |
| 五、金属胀锚螺栓 | 655 |
| (一) 用途特点 | 655 |
| (二) 使用规定 | 655 |
| (三) 构造及技术参数 | 656 |
| 1. 规格 | 657 |
| 2. 技术参数 | 657 |
| 六、金属丝网 | 658 |

| | | | |
|-----------------------------------|-----|----------------------|-----|
| 1. 钢丝网 | 659 | 1. 标记示例 | 673 |
| 2. 黑低碳钢丝网 | 660 | 2. 技术要求 | 675 |
| 3. 不锈钢丝网 | 661 | 九、橡胶板 | 675 |
| 4. 机织热镀锌六角形钢丝网 (沪Q/J427-63) | 663 | 十、油毡 | 676 |
| 5. 镀锌低碳钢丝网 | 664 | 十一、冷库常用防潮、隔汽材料的热物理系数 | |
| 6. 尼龙丝网 | 665 | | 678 |
| 七、建筑材料 | 666 | 十二、氟利昂水分指示器 | 678 |
| 八、水产品冻结盘 (GB4602-84) | 673 | | |

第一章 常用资料

一、单位换算

1. 常用计量单位符号表

表 1-1

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|------|------------------|-----------|----------------|
| | | 一、时间和空间 | |
| 长 度 | $l, (L)$ | 米, 毫米, 海里 | $m, mm, nmile$ |
| 宽 度 | b | 米, 毫米 | m, mm |
| 高 度 | h | 米, 毫米 | m, mm |
| 厚 度 | $\delta, (d, t)$ | 毫米 | mm |
| 半 径 | r, R | 毫米 | mm |
| 直 径 | d, D | 毫米 | mm |

(续)

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|----------------|--|--------------------------------------|---|
| 距离、程长 | s | 米, 毫米 | m, mm |
| 面积 | A, (S) | 米 ² , 厘米 ² | m ² , cm ² |
| 体积、容积 | V | 米 ³ , 厘米 ³ , 升 | m ³ , cm ³ , L(l) |
| [平面]角 | $\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$ | 弧度, 度, 分, 秒 | rad, (°), (′), (″) |
| 立体角 | Ω | 球面度 | sr |
| 时间 | t | 天(日), [小]时, 分, 秒 | d, h, min, s |
| 角速度 | ω | 弧度/秒 度/秒 | rad/s, (°)/s |
| 角加速度 | a | 弧度/秒 ² | rad/s ² |
| 速度 | v, w, c | 米/秒, 节 | m/s, kn |
| 加速度 | a | 米/秒 ² | m/s ² |
| 重力加速度, 自由落体加速度 | } g | 米/秒 ² | m/s ² |

二、周期及有关现象

| | | | |
|----------|--------------|-------------------------|------------------------|
| 周期 | T | 日, 时, 分, 秒 | d, h, min, s |
| 时间常数 | $\tau, (T)$ | 秒 | S |
| 频率 | f, (ν) | 赫[兹] | Hz |
| 转速, 旋转频率 | n | 转/分 转/分 秒 ⁻¹ | r/min, s ⁻¹ |
| 角频率, 圆频率 | ω | 弧度/秒, 秒 ⁻¹ | rad/s, s ⁻¹ |

(续)

| 量的名称 | 量的符号 | 单位 中文符号 | 单位 外文符号 |
|------|-----------|------------------------|------------------------|
| 波 长 | λ | 米 | m |
| 阻尼系数 | δ | 秒 ⁻¹ , 分贝/秒 | S ⁻¹ , dB/S |
| 衰减系数 | α | 米 ⁻¹ | m ⁻¹ |
| 相位系数 | β | 米 ⁻¹ | m ⁻¹ |
| 传播系数 | γ | 米 ⁻¹ | m ⁻¹ |
| 级 差 | | 分贝 | dB |

三、力 学

| | | | |
|---------|----------|--------------------------|--------------------------|
| 质量、重量 | m | 千克(公斤), 吨 | kg, t |
| 密 度 | ρ | 千克/米 ³ , 千克/升 | kg/m ³ , kg/L |
| 相对密度 | d | | |
| 比 容 | v | 米 ³ /千克 | m ³ /kg |
| 线 密 度 | ρ_s | 千克/米, 特克斯 | kg/m, tex |
| 面 密 度 | ρ_A | 千克/米 ² | kg/m ² |
| 动 量 | p | 千克·米/秒 | kg·m/s |
| 力 | F | 牛〔顿〕 | N |
| 重 力 | W(P, G) | 牛〔顿〕 | N |
| 力 矩 | M | 牛〔顿〕米 | N·m |
| 转矩, 力偶矩 | T | 牛〔顿〕米 | N·m |

(续)

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|----------|------------------|---------------------|-------------------|
| 压力, 压强 | p | 帕〔斯卡〕 | Pa |
| 正应力 | σ | 帕〔斯卡〕 | Pa |
| 切应力(剪应力) | τ | 帕〔斯卡〕 | Pa |
| 弹性模量 | E | 帕〔斯卡〕 | Pa |
| 压缩系数 | κ | 帕〔斯卡〕 ⁻¹ | Pa ⁻¹ |
| 截面惯性矩 | $I_a, (I)$ | 米 ⁴ | m ⁴ |
| 截面系数 | W, Z | 米 ³ | m ³ |
| 摩擦系数 | $\mu, (f)$ | | |
| 动力粘度 | $\eta, (\mu)$ | 帕〔斯卡〕秒 | Pa·s |
| 运动粘度 | ν | 米 ² /秒 | m ² /s |
| 表面张力 | γ, σ | 牛〔顿〕/米 | N/m |
| 功 | $W, (A)$ | 焦〔耳〕, 瓦〔特〕小时 | J, W·h |
| 能〔量〕 | E | 焦〔耳〕, 瓦〔特〕小时 | J, W·h |
| 势能, 位能 | $E_p(V)$ | 焦〔耳〕, 瓦〔特〕小时 | J, W·h |
| 动能 | $E_k(T)$ | 焦〔耳〕, 瓦〔特〕小时 | J, W·h |
| 功率 | P | 瓦〔特〕 | W |
| 效率 | η | | % |
| 硬度 | H | | |
| 布氏硬度 | H_B | | |

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|---------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 质量流量 | q_m | 千克/秒, 千克/时 | kg/s, kg/h |
| 体积流量 | q_v | 米 ³ /秒, 米 ³ /时 | m ³ /s, m ³ /h |
| 四、热 学 | | | |
| 热力学温度 | T, Θ | 开〔尔文〕 | K |
| 摄氏温度 | t, θ | 摄氏度, $^{\circ}\text{C}$ | $^{\circ}\text{C}$ |
| 压力系数 | β | 帕〔斯卡〕/开 | Pa/K |
| 压缩率 | κ | 帕〔斯卡〕 ⁻¹ | Pa ⁻¹ |
| 热, 热量 | Q | 焦〔耳〕 | J |
| 热流量 | Φ | 瓦〔特〕 | W |
| 热流量密度 | q, φ | 瓦〔特〕/米 ² | W/m ² |
| 热导率 | λ, k | 瓦〔特〕/(米·开) | W/(m·K) |
| 传热系数 | h, α | 瓦〔特〕/(米 ² ·开) | W/(m ² ·K) |
| 〔总〕传热系数 | k, K | 瓦〔特〕/(米 ² ·开) | W/(m ² ·K) |
| 热阻 | R | 开/瓦〔特〕 | K/W |
| 热扩散率 | $a, (\alpha, \kappa)$ | 米 ² /秒 | m ² /s |
| 热绝缘系数 | M | 米 ² ·开/瓦〔特〕 | m ² ·K/W |
| 热阻率 | | 米·开/瓦〔特〕 | m·K/W |

(续)

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|--------|--------------------|-----------------|-----------------|
| 热 容 | C | 焦〔耳〕/开 | J/K |
| 比 热 容 | c | 焦〔耳〕/(千克·开) | J/(kg·K) |
| 定压比热容 | c_p | 焦〔耳〕/(千克·开) | J/(kg·K) |
| 定容比热容 | c_v | 焦〔耳〕/(千克·开) | J/(kg·K) |
| 饱和比热容 | c_{sat} | 焦〔耳〕/(千克·开) | J/(kg·K) |
| 熵 | S | 焦〔耳〕/开 | J/K |
| 焓 | H, (I) | 焦〔耳〕 | J |
| 内能 | U, (E) | 焦〔耳〕 | J |
| 比焓 | s | 焦〔耳〕/(千克·开) | J/(kg·K) |
| 比焓 | $h, (i)$ | 焦〔耳〕/千克 | J/kg |
| 比 内 能 | u, (e) | 焦〔耳〕/千克 | J/kg |
| 线膨胀系数 | α_l | 开 ⁻¹ | K ⁻¹ |
| 体膨胀系数 | α_v, γ | 开 ⁻¹ | K ⁻¹ |
| 相对压力系数 | α_p | 开 ⁻¹ | K ⁻¹ |
| 潜 热 | L | 焦〔耳〕/千克 | J/kg |
| 汽 化 热 | r | 焦〔耳〕/千克 | J/kg |
| 制 冷 量 | Q _c | 瓦〔特〕, 千焦〔耳〕/时 | W, kJ/h |

(续)

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|---------|--------------------------|---------------------|------------------|
| 五、电学、磁学 | | | |
| 电 流 | I | 安〔培〕 | A |
| 电荷〔量〕 | Q | 库〔仑〕 | C |
| 电场强度 | E, (K) | 伏〔特〕/米 | V/m |
| 电 位 | V, φ | 伏〔特〕 | V |
| 电 动 势 | E | 伏〔特〕 | V |
| 电 压 | U | 伏〔特〕 | V |
| 电 阻 | R | 欧〔姆〕 | Ω |
| 电 容 | C | 法〔拉〕 | F |
| 自 感 | L | 亨〔利〕 | H |
| 互 感 | M, L ₁₂ | 亨〔利〕 | H |
| 阻 抗 | Z | 欧〔姆〕 | Ω |
| 电 抗 | X | 欧〔姆〕 | Ω |
| 功 率 | P | 瓦〔特〕 | W |
| 电 能 量 | W | 焦〔耳〕 | J |
| 电 流 密 度 | J(S, δ) | 安〔培〕/米 ² | A/m ² |
| 磁 导 率 | μ | 亨〔利〕/米 | H/m |
| 电 导 率 | γ, σ, κ | 西〔门子〕/米 | S/m |
| 电 阻 率 | ρ | 欧〔姆〕米 | $\Omega \cdot m$ |
| 磁 导 | $\Lambda, (P)$ | 亨〔利〕 | H |

(续)

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| 电 导 | G | 西〔门子〕 | S |
| 磁 通 量 | Φ | 韦〔伯〕 | Wb |
| 磁通密度 | B | 特〔斯拉〕 | T |
| 磁场强度 | H | 安〔培〕/米 | A/m |
| 六、光及有关电磁辐射 | | | |
| 光 速 | C, C_0 | 米/秒 | m/s |
| 发光强度 | I, (Iv) | 坎〔德拉〕 | cd |
| 光 通 量 | $\Phi, (\Phi_v)$ | 流〔明〕 | lm |
| 〔光〕照度 | E, (E _v) | 勒〔克斯〕 | lx |
| 光 量 | Q, (Q _v) | 流〔明〕秒 | lm·s |
| 〔光〕亮度 | L, (L _v) | 坎〔德拉〕/米 ² | cd/m ² |
| 光出射度 | M, (M _v) | 流〔明〕/米 ² | lm/m ² |
| 曝 光 量 | H | 勒〔克斯〕秒 | lx·s |
| 光谱吸收比 | $\alpha(\lambda)$ | | |
| 光谱反射比 | $\rho(\lambda)$ | | |
| 光谱透射比 | $\tau(\lambda)$ | | |
| 光谱辐(射)亮 | $\beta(\lambda)$ | | |
| 度 系 数 | | | |
| 折 射 率 | η | | |

(续)

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|--------|--------------|--------|--------|
| 七、其 它 | | | |
| 室内温度 | t_n | 摄氏度 | ℃ |
| 室外温度 | t_w | 摄氏度 | ℃ |
| 湿球温度 | t_s | 摄氏度 | ℃ |
| 露点温度 | t_{ld} | 摄氏度 | ℃ |
| 冷凝温度 | t_{cl} | 摄氏度 | ℃ |
| 蒸发温度 | t_z | 摄氏度 | ℃ |
| 过冷温度 | t_g | 摄氏度 | ℃ |
| 过热温度 | t_{gr} | 摄氏度 | ℃ |
| 中间冷却温度 | t_{zj} | 摄氏度 | ℃ |
| 吸气温度 | t_q | 摄氏度 | ℃ |
| 排气温度 | t_p | 摄氏度 | ℃ |
| 进风温度 | t_{jz} | 摄氏度 | ℃ |
| 排风温度 | t_{pf} | 摄氏度 | ℃ |
| 温度差 | Δt | 摄氏度 | ℃ |
| 对数平均温差 | Δt_m | 摄氏度 | ℃ |
| 冷凝压力 | p_l | 千帕 | kPa |
| 蒸发压力 | p_z | 千帕 | kPa |
| 中间压力 | p_{zj} | 千帕 | kPa |
| 吸气压力 | p_q | 千帕 | kPa |

(续)

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|----------|-------------|---------------------|-------------------|
| 排气压力 | P_p | 千 帕 | kPa |
| 平均指示压力 | P_{pi} | 千 帕 | kPa |
| 单位摩擦压力 | P_m | 千 帕 | kPa |
| 压力差 | Δp | 千 帕 | kPa |
| 轴功率 | P_z | 千 瓦 | kW |
| 指示功率 | P_i | 千 瓦 | kW |
| 摩擦功率 | P_m | 千 瓦 | kW |
| 有效功率 | P_y | 千 瓦 | kW |
| 吸气量 | V | 米 ³ /时 | m ³ /h |
| 理论排气量 | V_p | 米 ³ /时 | m ³ /h |
| 供给系数 | λ_g | | |
| 容积系数 | λ_v | | |
| 输气系数 | λ_d | | |
| 冷量 | Q | 焦〔耳〕 | J |
| 制冷量 | Q_c | 瓦〔特〕, 焦〔耳〕/时 | W, J/h |
| 单位容积冷量 | q_v | 焦〔耳〕/米 ³ | J/m ³ |
| 单位轴功率制冷量 | q_s | 瓦〔特〕/千瓦 | W/kW |
| 单位面积热量 | q_A | 瓦〔特〕/米 ² | W/m ² |
| 理论制冷系数 | ϵ | | |

| 量的名称 | 量的符号 | 单位中文符号 | 单位外文符号 |
|--------|--------------|---|--|
| 实际制冷系数 | ϵ_s | | |
| 风量 | V | 米 ³ /时 | m ³ /h |
| 风压 | p | 帕〔斯卡〕 | Pa |
| 水汽比 | μ | 千克/千克 | kg/kg |
| 含湿量 | d | 克/千克 | g/kg |
| 相对湿度 | φ | | % |
| 蒸汽渗透系数 | M | 克/(米 ² ·时·帕) | g/(m ² ·h·Pa) |
| 蒸汽渗透率 | μ | 克/(米·时·帕) | g/(m·h·Pa) |
| 蒸汽渗透阻 | H | 米 ² ·时·帕/克 | m ² ·h·Pa/g |
| 热惰性 | D | | |
| 热渗透系数 | b | 焦〔耳〕/(米 ² ·时 ^{$\frac{1}{2}$} ·开) | J/(m ² ·h ^{$\frac{1}{2}$} ·K) |
| 蓄热系数 | S | 瓦〔特〕/(米 ² ·开) | W/(m ² ·K) |
| 修正系数 | ψ | | |
| 局部阻力系数 | ζ | | |
| 摩擦阻力系数 | Hm | 帕〔斯卡〕/米 | Pa/m |
| 公称直径 | Dg | 毫米 | mm |

八、无量纲参数

| 参数名称 | 参数符号 | 定 义 | 备 注 |
|------|------|--|--------------|
| 傅里叶数 | Fo | $ Fo = \frac{\lambda t}{C_q \rho l^2} = \frac{at}{l^2} $ | |
| 贝克来数 | Pe | $ Pe = \frac{\rho C_p v l}{\lambda} = \frac{vl}{a} $ | Pe = Re · Pr |
| 瑞利数 | Ra | $ Ra = \frac{l^3 g \gamma \Delta \theta}{\nu a} $ | Ra = Gr · Pr |
| 努塞耳数 | Nu | $ Nu = \frac{hl}{\lambda} $ | |
| 斯坦顿数 | St | $ St = \frac{h}{\rho v C_q} $ | St = Nu/Pe |
| 普朗特数 | Pr | $ Pr = \frac{\eta C_q}{\lambda} = \frac{\nu}{a} $ | |
| 施密特数 | Sc | $ Sc = \frac{\eta}{\rho D} = \frac{\nu}{D} $ | |
| 路易斯数 | Le | $ Le = \frac{\lambda}{\rho C_q D} = \frac{a}{D} $ | Le = Sc/Pr |
| 雷诺数 | Re | $ Re = \frac{\rho v l}{\eta} = \frac{vl}{\nu} $ | |

| 参数名称 | 参数符号 | 定 义 | 备 注 |
|--------|------|---|---|
| 欧拉数 | Eu | $Eu = \frac{\Delta p}{\rho v^2}$ | $-\frac{\Delta p}{\rho} = \gamma \Delta \theta$ |
| 弗劳德数 | Fr | $Fr = \frac{v}{\sqrt{lg}}$ | |
| 格拉晓夫数 | Gr | $Gr = \frac{l^2 g \gamma \Delta \theta}{\nu^2}$ | |
| 韦伯数 | We | $We = \frac{\rho v^2 l}{\sigma}$ | |
| 马赫数 | Ma | $Ma = \frac{v}{C}$ | |
| 克努森数 | Kn | $Kn = \frac{\lambda}{l}$ | |
| 斯特劳哈尔数 | Sr | $Sr = \frac{lf}{v}$ | |
| 毕奥数 | Bi | | |

注：1.周、月、年为一般常用时间单位，年的符号为a。

2.〔 〕内的字，是在不致混淆的情况下，可以省略的字。

3.()内的字为前者的同义语。

4.角度单位度、分、秒的符号不处于数字后时，用括号。

5.升的符号中，小写字母l为备用符号。

6.γ为“转”的符号。

(续)

7. 速度单位节 (kn) 只用于航行 $1 \text{ kn} = 1 \text{ n mile/h} = (1852/3600) \text{ m/s}$ 8. 原子质量单位 (u) $1 \text{ u} \approx 1.6605655 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 9. 能的单位也可用电子伏 (eV), $1 \text{ eV} \approx 1.6021892 \times 10^{-19} \text{ J}$ 10. 热力学温度的每个刻度和摄氏温度的每个刻度是完全一致的, 即 $1 \text{ K} = 1^\circ \text{C}$ 。

11. 无量纲参数所用符号的说明:

 λ 热导率(导热系数) t 时间 c_p 定压比热容 ρ 密度 l 长度 a 热扩散率 $\lambda/\rho c_p$ v 速度 g 重力加速度 γ 体(膨)胀系数 $-\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial \theta} \right)_p$ $\Delta \theta$ 温度差 η [动力]粘度 ν 运动粘度 h 传热系数 θ 温度 D 扩散系数 Δp 压力差 σ 表面张力 λ 平均自由程(克努森数中应用)

2. 用于构成十进倍数和分数单位的词头

表 1-2

| 所表示的因数 | 词头名称 | 词头符号 | 所表示的因数 | 词头名称 | 词头符号 |
|-----------|-------|------|------------|-------|-------|
| 10^{18} | 艾〔可萨〕 | E | 10^{-1} | 分 | d |
| 10^{15} | 拍〔它〕 | P | 10^{-2} | 厘 | c |
| 10^{12} | 太〔拉〕 | T | 10^{-3} | 毫 | m |
| 10^9 | 吉〔伽〕 | G | 10^{-6} | 微 | μ |
| 10^6 | 兆 | M | 10^{-9} | 纳〔诺〕 | n |
| 10^3 | 千 | k | 10^{-12} | 皮〔可〕 | p |
| 10^2 | 百 | h | 10^{-15} | 飞〔母托〕 | f |
| 10 | 十 | da | 10^{-18} | 阿〔托〕 | a |

注: $10^5 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa}$, $10^{-5} \text{ m} = 10 \mu\text{m} = 10^{-2} \text{ mm}$

3. 长度、面积、体积单位换算表

长度单位换算表(1)

表 1—3

| 千米(km) | 市里 | 英里(mile) | 海里(n mile) | 日里 |
|--------|--------|----------|------------|--------|
| 1 | 2 | 0.6214 | 0.5400 | 0.2546 |
| 0.5000 | 1 | 0.3107 | 0.2700 | 0.1273 |
| 1.6093 | 3.2187 | 1 | 0.869 | 0.4098 |
| 1.8520 | 3.704 | 1.1508 | 1 | 0.4716 |
| 3.9273 | 7.8545 | 2.4403 | 2.1207 | 1 |

长度单位换算表(3)

| 厘米(cm) | 市寸 | 英寸(in) | 日寸 |
|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 3.3000 | 0.3937 | 0.3300 |
| 3.3333 | 1 | 1.3123 | 1.1000 |
| 2.5400 | 0.7620 | 1 | 0.8332 |
| 3.0303 | 0.9091 | 1.1930 | 1 |

长度单位换算表(2)

| 米(m) | 市尺 | 码(yd) | 英尺(ft) | 日尺 |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 3 | 1.0936 | 3.2808 | 3.3000 |
| 0.3333 | 1 | 0.3645 | 1.0936 | 1.1000 |
| 0.9144 | 2.7432 | 1 | 3 | 3.0175 |
| 0.3048 | 0.9144 | 0.3333 | 1 | 1.0058 |
| 0.3039 | 0.9091 | 0.3313 | 0.9939 | 1 |

面积单位换算表(1)

表 1—4

| 平方公里(km ²) | 公顷(ha) | 市亩 | 英亩(acre) | 平方英里(mile ²) |
|------------------------|--------|---------|----------|--------------------------|
| 1 | 100 | 1500.00 | 247.105 | 0.3861 |
| 0.01 | 1 | 15.00 | 2.4711 | 0.0039 |
| 0.0007 | 0.0667 | 1 | 0.1647 | 0.0003 |
| 0.0040 | 0.4047 | 6.0716 | 1 | 0.0016 |
| 2.5900 | 259.00 | 3885.00 | 640.00 | 1 |

面积单位换算表(2)

| 平方米(m ²) | 平方市尺 | 平方码 | 平方英尺(ft ²) | 平方日尺 |
|----------------------|--------|--------|------------------------|--------|
| 1 | 9 | 1.1960 | 10.7636 | 10.89 |
| 0.1111 | 1 | 0.1329 | 1.1960 | 1.21 |
| 0.8361 | 7.5251 | 1 | 9 | 9.1075 |
| 0.0929 | 0.8361 | 0.1111 | 1 | 1.0120 |
| 0.0918 | 0.8264 | 0.1098 | 0.9881 | 1 |

体积单位换算表(1)

表 1—5

| 立方米(m ³) | 立方市尺 | 立方英尺(ft ³) | 立方日尺 |
|----------------------|--------|------------------------|--------|
| 1 | 27.00 | 35.3147 | 35.937 |
| 0.0370 | 1 | 1.3079 | 1.331 |
| 0.0283 | 0.7646 | 1 | 1.018 |
| 0.0278 | 0.7513 | 0.9827 | 1 |

面积单位换算表(3)

| 平方厘米(cm ²) | 平方市寸 | 平方英寸(in ²) | 平方日寸 |
|------------------------|--------|------------------------|--------|
| 1 | 0.0900 | 0.1550 | 0.1089 |
| 11.1110 | 1 | 1.7222 | 1.2100 |
| 6.4516 | 0.5806 | 1 | 0.7026 |
| 9.1827 | 0.8265 | 1.4233 | 1 |

体积单位换算表(2)

| 升L(l) | 英制加仑(UK gal) | 美制加仑(US gal) | 日升 |
|--------|--------------|--------------|--------|
| 1 | 0.2200 | 0.2642 | 0.5544 |
| 4.5461 | 1 | 1.2010 | 2.5202 |
| 3.7854 | 0.8327 | 1 | 2.0985 |
| 1.8039 | 0.3968 | 0.4765 | 1 |

体积单位换算表(3)

| 立方厘米 (cm ³) | 立 方 市 寸 | 立 方 英 寸 | 立 方 日 寸 |
|-------------------------|---------|---------|---------|
| 1 | 0.0270 | 0.0610 | 0.0359 |
| 37.0370 | 1 | 2.2504 | 1.3311 |
| 16.3934 | 0.4426 | 1 | 0.5889 |
| 27.8265 | 0.7513 | 1.6982 | 1 |

4. 质量单位换算表

表 1-6

| 千克(kg) | 吨 (t) | 英吨(UK ton) | 美吨(US ton) | 磅(lb) | 盎司(oz) | 市 斤 |
|-----------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|---------|--------------------------|
| 1 | 1×10^{-3} | 9.84207×10^{-4} | 1.10231×10^{-3} | 2.20462 | 35.274 | 2 |
| 1×10^3 | 1 | 0.984207 | 1.10231 | 2204.62 | 35274.0 | 2×10^3 |
| 1016.05 | 1.01605 | 1 | 1.12 | 2240 | 35840 | 2032.114 |
| 907.185 | 0.907185 | 0.892857 | 1 | 2000 | 32000 | 1814.387 |
| 0.45359237 | 4.5359237×10^{-4} | 4.46429×10^{-4} | 5×10^{-4} | 1 | 16 | 0.90719 |
| 0.0283495 | 2.83495×10^{-5} | 2.79018×10^{-5} | 3.125×10^{-5} | 6.25×10^{-2} | 1 | 5.66996×10^{-2} |
| 0.5 | 0.5×10^{-3} | 4.92104×10^{-4} | 5.511565×10^{-4} | 1.1023 | 17.6368 | 1 |

5. 各种温度单位换算表

表 1-7

| 关系式 所求温度 | 已知温度 | 热力学温度 (K) | 摄氏温度 (°C) | 华氏温度 (°F) | 兰氏温度* (°R) | 列氏温度* (°Reaumur) |
|----------------------|---|--------------|---|---|---|---|
| 热力学温度 t _K | 1 | | $t^{\circ}\text{C} + 273.15$ | $\frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} + 459.67)$ | $\frac{5}{9}t^{\circ}\text{R}$ | $\frac{5}{4}t^{\circ}\text{R} + 273.15$ |
| 摄氏温度 t _{°C} | $t^{\circ}\text{C} - 273.15$ | | 1 | $\frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$ | $\frac{5}{9}t^{\circ}\text{R} - 273.15$ | $\frac{5}{4}t^{\circ}\text{R}$ |
| 华氏温度 t _{°F} | $\frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} - 459.67$ | | $\frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32$ | 1 | $t^{\circ}\text{R} - 459.67$ | $\frac{9}{4}t^{\circ}\text{R} + 32$ |
| 兰氏温度 t _{°R} | $\frac{9}{5}t^{\circ}\text{C}$ | | $\frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 491.67$ | $t^{\circ}\text{F} + 459.67$ | 1 | $\frac{9}{4}t^{\circ}\text{R} + 32$ |
| 列氏温度 t _{°R} | $\frac{4}{5}t^{\circ}\text{C} - 218.52$ | | $\frac{4}{5}t^{\circ}\text{C}$ | $\frac{4}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$ | $\frac{4}{9}t^{\circ}\text{R} - 218.52$ | $\frac{9}{4}t^{\circ}\text{R} + 491.67$ |

* 兰氏温度与列氏温度往往混用符号“°R”，所以使用时要注意单位的一致性，以免出错。在华氏温度为 0 °F 时，兰氏温度为 459.67 °R。摄氏温度为 0 °C 时，兰氏温度为 491.67 °R。热力学温度为 0 K 时，兰氏温度为 0 °R。

6. 各种温度的热力学零度、水冰点、水三相点及水沸点温度值

表 1-8

| | 热力学温度(K) | 摄氏温度(°C) | 华氏温度(°F) | 兰氏温度* (°R) | 列氏温度* (°Reaumur) |
|-------|----------|----------|----------|------------|---------------------|
| 热力学零度 | 0 | -273.15 | -459.67 | 0 | -218.52 |
| 水冰点 | 273.15 | 0 | 32 | 491.67 | 0 |
| 水三相点 | 273.16 | 0.01 | 32.018 | 491.688 | 0.008 |
| 水沸点 | 373.15 | 100 | 212 | 671.67 | 80 |

* 1. 见表 1-7 2. 热力学温度的每个刻度和摄氏温度的每个刻度是完全一致的。即 $1\text{K} = 1^{\circ}\text{C}$ 。

7. 密度单位换算表

表 1—9

| 千克/米 ³ (kg/m ³) | 千克/升(kg/l) | 磅/英尺 ³ (lb/ft ³) | 英吨/立方码 (UK ton/yd ³) | 磅/英加仑 (lb/UKgal) |
|--|------------|---|-------------------------------------|---------------------------|
| 1 | 0.001 | 6.24280×10^{-2} | 7.52482×10^{-4} | 1.002246×10^{-2} |
| 1000 | 1 | 62.4280 | 0.752482 | 10.02246 |
| 16.0185 | 0.0160185 | 1 | 0.0120536 | 0.160544 |
| 1328.94 | 1.32894 | 82.9630 | 1 | 13.3192 |
| 99.7763 | 0.0997763 | 6.22883 | 0.0750797 | 1 |

8. 比容单位换算表

表 1—10

| 米 ³ /千克(m ³ /kg) | 升/千克(l/kg) | 英尺 ³ /磅(ft ³ /lb) | 米 ³ /吨(m ³ /t) | 英尺 ³ /英吨(ft ³ /UK ton) | 英加仑/磅(UK gal/lb) |
|--|------------|---|--------------------------------------|--|------------------|
| 1 | 1000 | 16.0184 | 1000 | 33333.33 | 100.78 |
| 0.001 | 1 | 0.016 | 1 | 33.3330 | 0.0997 |
| 0.062428 | 62.428 | 1 | 62.428 | 2083.3333 | 6.2344 |
| 0.001 | 1 | 0.016 | 1 | 33.3330 | 0.0997 |
| 0.00003 | 0.030 | 0.00048 | 0.030 | 1 | 0.003 |
| 0.01002 | 10.0313 | 0.01605 | 10.0313 | 334.376 | 1 |

9. 速度单位换算表

表 1—11

| 千米/时(km/h) | 米/秒(m/s) | 英尺/分(ft/min) | 英尺/秒(ft/s) | 英里/时(mile/h) | 海里/时(nmile/h) |
|------------|----------|--------------|------------|--------------|----------------------------|
| 1 | 0.277778 | 54.6807 | 0.911344 | 0.621371 | 0.539957 |
| 3.6 | 1 | 196.85 | 3.28084 | 2.23694 | 1.94384 |
| 0.018288 | 0.00508 | 1 | 0.0166667 | 0.0113636 | 9.87473 × 10 ⁻³ |
| 1.09728 | 0.3048 | 60 | 1 | 0.681818 | 0.592484 |
| 1.609344 | 0.44704 | 88 | 1.46667 | 1 | 0.868976 |
| 1.852 | 0.514444 | 101.269 | 1.68781 | 1.15078 | 1 |

10. 体积流速单位换算表

表 1—12

| 米 ³ /时(m ³ /h) | 米 ³ /秒(m ³ /s) | 升/秒(l/s) | 英尺 ³ /秒(ft ³ /s) | 英加仑/秒(UK gal/s) | 美加仑/秒(USgal/s) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------|--|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 2.77778 × 10 ⁻⁴ | 0.277778 | 9.80963 × 10 ⁻³ | 61.1025 × 10 ⁻³ | 73.381 × 10 ⁻³ |
| 3600 | 1 | 1000 | 35.3147 | 219.969 | 264.172 |
| 3.6 | 0.001 | 1 | 0.0353147 | 0.219969 | 0.264172 |
| 101.941 | 0.0283168 | 28.3168 | 1 | 6.22883 | 7.48051 |
| 16.3659 | 4.54609 × 10 ⁻³ | 4.54609 | 0.160544 | 1 | 1.20095 |
| 13.6275 | 3.78541 × 10 ⁻³ | 3.78541 | 0.133681 | 0.832674 | 1 |

11. 力单位换算表

表 1—13

| 牛顿 [N(kg·m/s ²)] | 千克力(kgf) | 达因 [dyne (g·cm/s ²)] | 磅力 [lbf (lb·ft/s ²)] |
|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 0.10197 | 10 ⁵ | 0.2248 |
| 9.80665 | 1 | 9.80665 × 10 ⁵ | 2.2046 |
| 10 ⁻⁵ | 1.0197 × 10 ⁻⁶ | 1 | 2.248 × 10 ⁻⁶ |
| 4.44822 | 0.45359 | 4.44822 × 10 ⁴ | 1 |

12. 压力单位换算表

表 1—14

| 帕 牛顿/米 ² (Pa)(N/m ²) | 千克力/厘米 ² (kgf/cm ²) | 磅力/英寸 ² (lbf/in ²) | 巴 (bar) | 毫米汞柱 (mmHg) | 毫米水柱 (mmH ₂ O) | 米水柱 (mH ₂ O) | 英寸水柱 (inH ₂ O) | 标准大气压* (atm) |
|--|---|--|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 1.01972 × 10 ⁻⁵ | 0.145038 × 10 ⁻³ | 10 ⁻⁵ | 7.5006 × 10 ⁻³ | 0.1019715 | 0.1019715 × 10 ⁻³ | 4.01463 × 10 ⁻³ | 0.986925 × 10 ⁻⁵ |
| 98.0665 × 10 ³ | 1 | 14.2233 | 0.980665 | 735.559 | 10 ⁴ | 10.0 | 392.2756 | 0.967841 |
| 6894.72 | 0.070305 | 1 | 0.068947 | 51.7155 | 703.06986 | 0.7030699 | 27.5797 | 0.0680462 |
| 10 ⁵ | 1.01972 | 14.5038 | 1 | 750.06 | 1.019715 × 10 ⁴ | 10.19715 | 401.463 | 0.98693 |
| 133.322 | 1.35951 × 10 ⁻³ | 0.01934 | 1.3332 × 10 ⁻³ | 1 | 13.5949 | 0.0135949 | 0.53524 | 1.3158 × 10 ⁻³ |
| 9.80665 | 10 ⁻⁴ | 14.2233 × 10 ⁻⁴ | 9.80665 × 10 ⁻⁵ | 73.5567 × 10 ⁻³ | 1 | 10 ⁻³ | 3.937 × 10 ⁻² | 9.68 × 10 ⁻⁵ |
| 9.80665 × 10 ³ | 0.1 | 1.42233 | 0.09807 | 73.5567 | 1000 | 1 | 39.2276 | 0.0964 |
| 249.989 | 0.002549 | 0.03626 | 2.4999 × 10 ⁻³ | 1.86832 | 25.4923 | 0.02549 | 1 | 0.002458 |
| 1.01325 × 10 ⁵ | 1.03323 | 14.6959 | 1.01325 | 760.0 | 10332.477 | 10.33248 | 0.40678 × 10 ³ | 1 |

* 1工程大气压用at表示, 它等于1千克力/厘米² 即 1at = 1kgf/cm² = 98066.5 Pa = 0.980665bar

13. 功、能和热量单位换算表

表 1-15

| 焦耳(J) | 千克力米(kgf·m) | 千瓦小时(kW·h) | 马力小时 | 英马力小时 | 千卡(kcal) | 英热单位(Btu) | 磅力英尺(lbf·ft) |
|-----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 1 | 0.10197 | 2.778×10^{-7} | 3.777×10^{-7} | 3.723×10^{-7} | 2.389×10^{-4} | 9.48×10^{-4} | 0.7376 |
| 9.80665 | 1 | 2.724×10^{-6} | 3.704×10^{-6} | 3.653×10^{-6} | 2.342×10^{-3} | 9.295×10^{-3} | 7.233 |
| 3.6×10^6 | 3.6709×10^5 | 1 | 1.3596 | 1.34 | 859.84 | 3.4121×10^3 | 2.655×10^6 |
| 2.648×10^6 | 2.7002×10^5 | 0.7355 | 1 | 0.9858 | 632.4 | 2.510×10^3 | 1.9531×10^6 |
| 2.68452×10^6 | 2.7374×10^5 | 0.7457 | 1.014 | 1 | 641.6 | 2.546×10^3 | 1.98×10^6 |
| 4.1868×10^3 | 4.2693×10^2 | 1.163×10^{-3} | 1.581×10^{-3} | 1.558×10^{-3} | 1 | 3.9683 | 3.088×10^3 |
| 1.055×10^3 | 1.076×10^2 | 2.931×10^{-4} | 3.984×10^{-4} | 3.927×10^{-4} | 0.252 | 1 | 7.7818×10^3 |
| 1.3558 | 0.1383 | 3.766×10^{-7} | 5.12×10^{-7} | 5.05×10^{-7} | 3.24×10^{-4} | 1.29×10^{-3} | 1 |

14. 功率单位换算表

表 1-16

| 瓦(W) | 千瓦(kW) | 马 力 | 英制马力 | 牛顿·米/秒(N·m/s) | 千克力·米/秒(kgf·m/s) | 磅力·英尺/秒(lbf·ft/s) | 千卡/秒(kcal/s) | 英热单位/秒(Btu/s) |
|-------|--------|---------|---------|---------------|------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|
| 1 | 0.001 | 0.00136 | 0.00134 | 1 | 0.102 | 0.7375 | 0.238×10^{-3} | 0.9478×10^{-3} |
| 1000 | 1 | 1.36 | 1.34 | 1000 | 102 | 737.5 | 0.238 | 0.9478 |
| 735.5 | 0.7355 | 1 | 0.985 | 735.5 | 75 | 542.4 | 0.175 | 0.697 |
| 745.7 | 0.7457 | 1.014 | 1 | 745.7 | 76 | 550 | 0.178 | 0.707 |
| 1 | 0.001 | 0.00136 | 0.00134 | 1 | 0.102 | 0.7375 | 0.238×10^{-3} | 0.9478×10^{-3} |

(续)

| 瓦(W) | 千瓦(kW) | 马 力 | 英制马力 | 牛顿·米/秒 (N·m/s) | 千克力·米/秒 (kgf·m/s) | 磅力·英尺/秒 (lbf·ft/s) | 千卡/秒 (kcal/s) | 英热单位/秒 (Btu/s) |
|---------|--------------------------|---------|---------|-------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| 9.80665 | 9.80665×10^{-3} | 0.0133 | 0.0131 | 9.80665 | 1 | 7.232 | 0.00234 | 0.0093 |
| 1.3558 | 1.3558×10^{-1} | 0.00184 | 0.00182 | 1.3558 | 0.138 | 1 | 0.324×10^{-3} | 1.29×10^{-3} |
| 4186.8 | 4.1868 | 5.7 | 5.61 | 4186.8 | 427 | 3088 | 1 | 3.968 |
| 1055 | 1.055 | 1.4345 | 1.415 | 1055 | 107.6 | 778.07 | 0.252 | 1 |

15. 制冷量单位换算表

表 1-17

| 瓦(W) | 千焦/时(kJ/h) | 千卡/时(kcal/h) | 美国冷吨 | 日本冷吨 | 新英国冷吨 | 英热单位/时 (Btu/h) |
|---------|------------|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| 1 | 3.6 | 0.85985 | 2.843×10^{-4} | 2.5899×10^{-4} | 2.395×10^{-4} | 3.4119 |
| 0.2778 | 1 | 0.23885 | 7.8983×10^{-5} | 7.1942×10^{-5} | 6.6542×10^{-5} | 0.9478 |
| 1.163 | 4.1868 | 1 | 3.3069×10^{-4} | 3.012×10^{-4} | 2.786×10^{-4} | 3.9684 |
| 3516.9 | 12660.9 | 3024 | 1 | 0.91084 | 0.84246 | 1.2×10^4 |
| 3861.1 | 13900.2 | 3320 | 1.09788 | 1 | 0.92495 | 1.3175×10^4 |
| 4174.5 | 15028.1 | 3589.4 | 1.187 | 1.08117 | 1 | 1.4244×10^4 |
| 0.29307 | 1.05507 | 0.252 | 8.33×10^{-5} | 7.59×10^{-5} | 7.02034×10^{-5} | 1 |

• 23 •

16. 传热系数 (放热系数) 单位换算表

表 1-18

| 瓦/(米 ² ·℃) W/(m ² ·℃) | 瓦/(厘米 ² ·℃) W/(cm ² ·℃) | 卡/(厘米 ² ·秒·℃) cal/(cm ² ·s·℃) | 千卡/(米 ² ·时·℃) kcal/(m ² ·h·℃) | 英热单位/(英尺 ² ·时·°F) Btu/(ft ² ·h·°F) |
|---|--|--|--|---|
| 1 | 1 × 10 ⁻⁴ | 0.238846 × 10 ⁻⁴ | 0.859845 | 0.176110 |
| 1 × 10 ⁴ | 1 | 0.238846 | 0.859845 × 10 ⁴ | 0.176110 × 10 ⁴ |
| 41868 | 4.1868 | 1 | 36000 | 7373.38 |
| 1.163 | 1.163 × 10 ⁻⁴ | 2.77778 × 10 ⁻⁵ | 1 | 0.204816 |
| 5.67827 | 5.67827 × 10 ⁻⁴ | 1.35623 × 10 ⁻⁴ | 4.88243 | 1 |

注: 由于热力学温度的每个刻度和摄氏温度的每个刻度是完全一致的, 即 1 K = 1 °C, 故表中 W/(m²·K) 均写成 W/(m²·°C)。

17. 热导率 (导热系数) 单位换算表

表 1-19

| 瓦/(米·℃) W/(m·℃) | 千卡/(米·时·℃) kcal/(m·h·℃) | 卡/(厘米·秒·℃) cal/(cm·s·℃) | 英热单位/(英尺·时·°F) Btu/(ft·h·°F) | 英热单位·英寸/(英尺 ² ·时·°F) °F(Btu·in)/(ft ² ·h·°F) |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|
| 1 | 0.859845 | 0.238846 × 10 ⁻³ | 0.577789 | 6.93347 |
| 1.163 | 1 | 2.77778 × 10 ⁻³ | 0.671969 | 8.06363 |
| 418.68 | 360 | 1 | 241.909 | 2902.91 |
| 1.73074 | 1.48816 | 4.13379 × 10 ⁻³ | 1 | 12 |
| 0.144228 | 0.124014 | 3.44482 × 10 ⁻⁴ | 0.0833333 | 1 |

18. 热阻率单位换算表

表 1—20

| 米·℃/瓦 ($m \cdot ^\circ C / W$) | 米·℃/千瓦 ($m \cdot ^\circ C / kW$) | 米·时·℃/千卡 ($m \cdot h \cdot ^\circ C / kcal$) | 厘米·秒·℃/卡 ($cm \cdot s \cdot ^\circ C / cal$) | 英尺·时·°F/英热单位 ($ft \cdot h \cdot ^\circ F / Btu$) | 英寸·时·°F/英热单位 ($in \cdot h \cdot ^\circ F / Btu$) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---|---|---|---|
| 1 | 1×10^3 | 1.163 | 418.68 | 1.730735 | 20.7688 |
| 1×10^{-3} | 1 | 0.1163×10^{-2} | 0.41868 | 1.730735×10^{-3} | 0.0207688 |
| 0.859845 | 0.859845×10^3 | 1 | 360 | 1.48816 | 17.8580 |
| 0.238846×10^{-2} | 2.38846 | 2.77778×10^{-3} | 1 | 4.13379×10^{-3} | 0.0496054 |
| 0.577789 | 577.789 | 0.871969 | 241.909 | 1 | 12 |
| 0.0481491 | 48.1491 | 0.0559974 | 20.1591 | 0.0833333 | 1 |

19. 热流量密度单位换算表

表 1—21

| 瓦/米 ² (W/m^2) | 瓦/厘米 ² (W/cm^2) | 卡/(厘米 ² ·秒) $cal/(cm^2 \cdot s)$ | 千卡/(米 ² ·时) $kcal/(m^2 \cdot h)$ | 英热单位/(英尺 ² ·时) $Btu/(ft^2 \cdot h)$ |
|---------------------------------|-----------------------------------|--|--|---|
| 1 | 10^{-4} | 0.238846×10^{-4} | 0.859845 | 0.316998 |
| 10^4 | 1 | 0.238846 | 0.859845×10^4 | 0.316998×10^4 |
| 41868 | 4.1868 | 1 | 36000 | 13272.1 |
| 1.163 | 1.163×10^{-4} | 2.77778×10^{-5} | 1 | 0.368669 |
| 3.15459 | 3.15459×10^{-4} | 7.53461×10^{-5} | 2.71246 | 1 |

20. 散热率单位换算表

表 1—22

| 瓦/米 ³ (W/m ³) | 瓦/厘米 ³ W/(cm ³) | 卡/(厘米 ³ ·秒)cal/(cm ³ ·s) | 千卡/(米 ³ ·时)kcal/(m ³ ·h) | 英热单位/(英尺 ³ ·时) Btu/(ft ³ ·h) |
|--------------------------------------|--|--|--|---|
| 1 | 1×10^{-6} | 0.238846×10^{-6} | 0.859845 | 9.66211×10^{-2} |
| 1×10^6 | 1 | 0.238843 | 0.859845×10^6 | 9.66211×10^4 |
| 4.1868×10^6 | 4.1868 | 1 | 3.6×10^6 | 4.04533×10^5 |
| 1.163 | 1.163×10^{-6} | 2.77778×10^{-7} | 1 | 0.112370 |
| 10.3497 | 1.03497×10^{-5} | 2.47199×10^{-6} | 8.89915 | 1 |

21. 比热容单位换算表

表 1—23

| 焦/(千克·℃) J/(kg·℃) | 尔格/(克·℃) erg/(g·℃) | 千卡/(千克·℃) kcal/(kg·℃) | 英热单位/(磅·°F) Btu/(lb·°F) | 千克力·米/(千克·℃) kgf·m/(kg·℃) |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 1×10^4 | 0.238846×10^{-3} | 0.238846×10^{-3} | 0.101972 |
| 1×10^{-4} | 1 | 0.238846×10^{-7} | 0.238846×10^{-7} | 0.101972×10^{-4} |
| 4186.8 | 4.1868×10^7 | 1 | 1 | 426.935 |
| 4186.8 | 4.1868×10^7 | 1 | 1 | 426.935 |
| 9.80665 | 9.80665×10^4 | 2.34228×10^{-3} | 2.34228×10^{-3} | 1 |

22. 比内能单位换算表

表 1—24

| 焦/千克 (J/kg) | 尔格/千克 (erg/kg) | 千卡/千克 (kcal/kg) | 英尺·磅力/磅 (ft·lbf/lb) | 千克力·米/千克 (kgf·m/kg) | 英热单位/磅 (Btu/lb) |
|--------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1 | 1×10^7 | 0.238846×10^{-3} | 0.334553 | 0.101972 | 0.429923×10^{-3} |
| 1×10^{-7} | 1 | 0.238846×10^{-10} | 0.334553×10^{-2} | 0.101972×10^{-2} | 0.429923×10^{-10} |
| 4186.8 | 4.1868×10^{10} | 1 | 1400.70 | 426.935 | 1.8 |
| 2.98907 | 2.98907×10^7 | 7.13926×10^{-4} | 1 | 0.3048 | 1.28507×10^{-3} |
| 9.80665 | 9.80665×10^7 | 2.34228×10^{-3} | 3.28084 | 1 | 4.21610×10^{-3} |
| 2326 | 2.326×10^{10} | 0.555556 | 778.169 | 237.186 | 1 |

23. 动力粘度单位换算表

表 1—25

| 帕·秒*(Pa·s) | 泊**(P) | 厘泊(cP) | 千克力·秒/米 ² (kgf·s/m ²) | 磅力·秒/英尺 ² (lbf·s/ft ²) | 克/(厘米·秒) g/(cm·s) |
|--------------------|---------|-----------------------|---|--|----------------------|
| 1 | 10 | 1×10^3 | 0.10197 | 0.020886 | 10 |
| 0.1 | 1 | 100 | 0.010197 | 2.0885×10^{-3} | 1 |
| 1×10^{-3} | 0.01 | 1 | 1.0197×10^{-4} | 2.0885×10^{-5} | 0.01 |
| 9.80665 | 98.0665 | 9806.65 | 1 | 0.204816 | 98.0665 |
| 47.8803 | 478.803 | 4.78803×10^4 | 4.88243 | 1 | 478.803 |
| 0.1 | 1 | 100 | 0.010197 | 2.0886×10^{-3} | 1 |

* $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2 = 1 \text{ kg}/\text{m} \cdot \text{s}$

** $1 \text{ P} = 1 \text{ dyne} \cdot \text{s}/\text{cm}^2 = 0.1 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2 = 0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

24. 运动粘度单位换算表

表 1—26

| 米 ² /秒(m ² /s) | 米 ² /时(m ² /h) | 斯托克斯*(St) | 厘 斯 (cSt) | 英尺 ² /秒(ft ² /s) | 英尺 ² /时(ft ² /h) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--|--|
| 1 | 3600 | 1 × 10 ⁴ | 1 × 10 ⁴ | 10.7639 | 3.87501 × 10 ⁴ |
| 2.77778 × 10 ⁻⁴ | 1 | 2.77778 | 277.778 | 2.98998 × 10 ⁻³ | 10.7639 |
| 1 × 10 ⁻⁴ | 0.36 | 1 | 10 ² | 1.07639 × 10 ⁻³ | 3.87501 |
| 1 × 10 ⁻⁶ | 0.0036 | 10 ⁻² | 1 | 1.07639 × 10 ⁻⁵ | 3.87501 × 10 ⁻² |
| 9.29030 × 10 ⁻² | 334.451 | 929.030 | 92903.0 | 1 | 3600 |
| 2.58064 × 10 ⁻⁵ | 0.0929030 | 0.258064 | 25.8064 | 2.77778 × 10 ⁻⁴ | 1 |

* 1 St = 1 cm²/s = 1 × 10⁻⁴ m²/s.

25. 单位阻力单位换算表

表 1—27

| 帕/米(Pa/m) | 毫米水柱/米 (mmH ₂ O/m) | 英寸水柱/100英尺 (inH ₂ O/100ft) | 磅力/英尺 ² ·100英尺 (lbf/ft ² ·100ft) | 毫米汞柱/100米 (mmHg/100m) |
|-----------|----------------------------------|--|---|--------------------------|
| 1 | 0.1019716 | 0.12237 | 0.004419 | 0.7495 |
| 8.80665 | 1 | 1.2 | 0.04334 | 7.35 |
| 8.17188 | 0.8333 | 1 | 0.03612 | 6.124 |
| 226.2394 | 23.07 | 27.684 | 1 | 169.6 |
| 1.334685 | 0.1361 | 0.1633 | 0.005896 | 1 |

26. 水的硬度单位换算表

表 1—28

| 毫克当量/升 | 德 国 度 | 法 国 度 | 英 国 度 | 美 国 度 |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2.804 | 5.005 | 3.5110 | 50.045 |
| 0.35663 | 1 | 1.7848 | 1.2521 | 17.847 |
| 1.9982 | 0.5603 | 1 | 0.7015 | 10 |
| 0.28483 | 0.7987 | 1.4285 | 1 | 14.285 |
| 0.01898 | 0.0560 | 0.1 | 0.0702 | 1 |

- 注: 1. 德国度: 1度相当于 1 升水中含有 10 毫克CaO。
 2. 法国度: 1度相当于 1 升水中含有 10 毫克CaCO₃。
 3. 英国度: 1度相当于 0.7 升水中含有 10 毫克CaCO₃。
 4. 美国度: 1度相当于 1 升水中含有 1 毫克CaCO₃。

27. 蒸汽渗透系数单位换算表

表 1—29

| 克/(米 ² ·时·帕) g/(m ² ·h·Pa) | 克/(米 ² ·秒·帕) g/(m ² ·s·Pa) | 克/(米 ² ·时·毫米汞柱) g/(m ² ·h·mmHg) | 格令/(英尺 ² ·时·英寸汞柱) gr/(ft ² ·h·inHg) | 千克/(米 ² ·时·千克力/米 ²) kg/(m ² ·h·kgf/m ²) |
|---|---|--|--|--|
| 1 | 2.77778 × 10 ⁻⁴ | 133.322 | 4.85523 × 10 ³ | 9.80665 × 10 ⁻³ |
| 3600 | 1 | 4.79959 × 10 ⁵ | 1.748 × 10 ⁷ | 35.30379 |
| 7.5006 × 10 ⁻³ | 2.08351 × 10 ⁻⁴ | 1 | 36.42 | 0.73556 × 10 ⁻⁴ |
| 2.0599 × 10 ⁻⁴ | 5.722 × 10 ⁻⁵ | 2.746 × 10 ⁻³ | 1 | 2.01981 × 10 ⁻⁶ |
| 101.9715 | 2.83256 × 10 ⁻² | 1.35951 × 10 ⁴ | 4.95095 × 10 ⁵ | 1 |

28. 蒸汽渗透率单位换算表

表 1-30

| 克/(米·时·帕) g/(m·h·Pa) | 克/(米·秒·帕) g/(m·s·Pa) | 克/(米·时·毫米汞柱) g/(m·h·mmHg) | 格令·英寸/(英尺 ² ·时·毫米汞柱) gr·in/(ft ² ·h·mmHg) | 千克/(米·时·千克力/米 ²) kg/(m·h·kgf/m ²)/kg |
|--------------------------|--------------------------|------------------------------|--|---|
| 1 | 2.77778×10^{-4} | 133.322 | 1.91146×10^5 | 9.80665×10^{-3} |
| 3600 | 1 | 4.79959×10^5 | 6.88124×10^8 | 35.30379 |
| 7.5006×10^{-3} | 2.08351×10^{-6} | 1 | 1.43371×10^3 | 0.73556×10^{-4} |
| 5.23162×10^{-6} | 1.45323×10^{-9} | 0.69749×10^{-3} | 1 | 0.513044×10^{-8} |
| 101.9716 | 2.83256×10^{-2} | 1.35951×10^4 | 1.94915×10^2 | 1 |

注：1格令=0.06479891克，1克=15.43235835格令。

29. 蒸汽渗透阻单位换算系数

表 1-31

| 米 ² ·时·帕/克 (m ² ·h·Pa/g) | 米 ² ·秒·帕/克 (m ² ·s·Pa/g) | 米 ² ·时·毫米汞柱/克 (m ² ·h·mmHg/g) | 英尺 ² ·时·英寸汞柱/格令 (ft ² ·h·inHg/gr) | (米 ² ·时·千克力/米 ²)/千克 [(m ² ·h·kgf/m ²)/kg] |
|---|---|--|--|--|
| 1 | 3600 | 7.5006×10^{-3} | 2.0599×10^{-4} | 0.101972×10^3 |
| 2.77778×10^{-4} | 1 | 2.08351×10^{-6} | 0.5722×10^{-7} | 2.83256×10^{-2} |
| 133.322 | 4.79959×10^5 | 1 | 2.746×10^{-2} | 1.35951×10^4 |
| 4.85523×10^3 | 1.748×10^7 | 36.42 | 1 | 4.95095×10^5 |
| 9.80665×10^{-3} | 35.30379 | 0.73556×10^{-4} | 2.01981×10^{-6} | 1 |

30. 毫米与英寸对照表

表 1—32

| 毫米 | 英寸 | 毫米 | 英寸 | 毫米 | 英寸 | 毫米 | 英寸 | 米 | 英寸 |
|--------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|--------|----|
| 0.3969 | 1/64 | 7.1438 | 9/32 | 14.2875 | 9/16 | 21.4312 | 27/32 | 0.1524 | 6 |
| 0.7938 | 1/32 | 7.5406 | 19/64 | 14.6844 | 37/64 | 21.8281 | 55/64 | 0.1778 | 7 |
| 1.1906 | 3/64 | 7.9375 | 5/16 | 15.0812 | 19/32 | 22.2250 | 7/8 | 0.2032 | 8 |
| 1.5875 | 1/16 | 8.3344 | 21/64 | 15.4781 | 39/64 | 22.6219 | 57/64 | 0.2286 | 9 |
| 1.9844 | 5/64 | 8.7312 | 11/32 | 15.8750 | 5/8 | 23.0188 | 29/32 | 0.2540 | 10 |
| 2.3812 | 3/32 | 9.1281 | 23/64 | 16.2719 | 41/64 | 23.4156 | 59/64 | 0.3556 | 14 |
| 2.7781 | 7/64 | 9.5250 | 3/8 | 16.6688 | 21/32 | 23.8125 | 15/16 | 0.4572 | 18 |
| 3.1750 | 1/8 | 9.9219 | 25/64 | 17.0656 | 43/64 | 24.2094 | 61/64 | 0.5588 | 22 |
| 3.5719 | 9/64 | 10.3188 | 13/32 | 17.4625 | 11/16 | 24.6062 | 31/32 | 0.6096 | 24 |
| 3.9688 | 5/32 | 10.7156 | 27/64 | 17.8594 | 45/64 | 25.0031 | 63/64 | 0.6604 | 26 |
| 4.3656 | 11/64 | 11.1125 | 7/16 | 18.2562 | 23/32 | | | 0.7112 | 28 |
| 4.7625 | 3/16 | 11.5094 | 29/64 | 18.6531 | 47/64 | 25.4 | 1 | 0.9144 | 36 |
| 5.1594 | 13/64 | 11.9062 | 15/32 | 19.0500 | 3/4 | 50.8 | 2 | | |
| 5.5562 | 7/32 | 12.3031 | 31/64 | 19.4469 | 49/64 | 76.2 | 3 | | |
| | | 12.7000 | 1/2 | 19.8438 | 25/32 | | | | |

(续)

| 毫米 | 英寸 | 毫米 | 英寸 | 毫米 | 英寸 | 毫米 | 英寸 | 米 | 英寸 |
|--------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|----|--------|----|
| 5.9531 | 15/64 | 13.0969 | 33/64 | 20.2406 | 51/64 | 101.6 | 4 | 1.2192 | 48 |
| 6.3500 | 1/4 | 13.4938 | 17/32 | 20.6375 | 13/16 | 127.0 | 5 | 1.5240 | 60 |
| 6.7469 | 17/64 | 13.8906 | 35/64 | 21.0344 | 53/64 | | | | |

31. 立方米与立方英尺对照表

表 1—33

| 米 ³ | ↓ | 英尺 ³ | 米 ³ | ↓ | 英尺 ³ | 米 ³ | ↓ | 英尺 ³ |
|----------------|----|-----------------|----------------|----|-----------------|----------------|-----|-----------------|
| 0.028 | 1 | 35.3 | 0.42 | 15 | 529.5 | 1.84 | 65 | 2299.4 |
| 0.056 | 2 | 70.6 | 0.56 | 20 | 706.3 | 1.98 | 70 | 2472.0 |
| 0.085 | 3 | 105.9 | 0.70 | 25 | 882.9 | 2.12 | 75 | 2548.6 |
| 0.113 | 4 | 141.2 | 0.84 | 30 | 1059.4 | 2.26 | 80 | 2825.2 |
| 0.142 | 5 | 176.6 | 0.99 | 35 | 1236.0 | 2.40 | 85 | 3001.7 |
| 0.170 | 6 | 211.9 | 1.13 | 40 | 1412.6 | 2.54 | 90 | 3178.3 |
| 0.198 | 7 | 247.2 | 1.27 | 45 | 1589.2 | 2.69 | 95 | 3354.9 |
| 0.227 | 8 | 282.5 | 1.41 | 50 | 1765.7 | 2.83 | 100 | 3531.4 |
| 0.253 | 9 | 317.8 | 1.55 | 55 | 1944.3 | | | |
| 0.28 | 10 | 353.1 | 1.69 | 60 | 2118.9 | | | |

已知米³或英尺³需要换算的先在↓字所指的一行中找,然后需要得出米³,读左面的,需要英尺³读右面的。

32. 摄氏温度与华氏温度对照表

(1) 在箭头字栏找出已知温度值。

(2) 在该温度值左侧即为需换算的摄氏温度, 右侧为华氏温度数。

(3) 例:

16°F(找箭头字栏) = -8.9°C(查箭头字栏16左侧)。

16°C(找箭头字栏) = 60.8°F(查箭头字栏16右侧)。

表 1—34

| °C | ↓ | °F | °C | ↓ | °F | °C | ↓ | °F |
|------|------|----|------|------|--------|-------|------|------|
| -273 | -459 | | -207 | -340 | | -146 | -230 | -382 |
| -268 | -450 | | -201 | -330 | | -140 | -220 | -364 |
| -262 | -440 | | -196 | -320 | | -134 | -210 | -346 |
| -257 | -430 | | -190 | -310 | | -129 | -200 | -328 |
| -251 | -420 | | -184 | -300 | | -123 | -190 | -310 |
| -246 | -410 | | -179 | -290 | | -118 | -180 | -292 |
| -240 | -400 | | -173 | -280 | | -112 | -170 | -274 |
| -234 | -390 | | -169 | -273 | -459.4 | -107 | -160 | -256 |
| -229 | -380 | | -168 | -270 | -454 | -101 | -150 | -238 |
| -223 | -370 | | -162 | -260 | -436 | -95.6 | -140 | -220 |
| -218 | -360 | | -157 | -250 | -418 | -90.0 | -130 | -202 |
| -212 | -350 | | -151 | -240 | -400 | -84.4 | -120 | -184 |

(续)

| ℃ | † | °F | ℃ | † | °F | ℃ | † | °F |
|-------|------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|------|
| -78.9 | -110 | -166 | -38.3 | -37 | -34.6 | -27.8 | -18 | -0.4 |
| -73.3 | -100 | -148 | -37.8 | -36 | -32.8 | -27.2 | -17 | 1.4 |
| -67.8 | -90 | -130 | -37.2 | -35 | -31.0 | -26.7 | -16 | 3.2 |
| -62.2 | -80 | -112 | -36.7 | -34 | -29.2 | -26.1 | -15 | 5.0 |
| -56.7 | -70 | -94 | -36.1 | -33 | -27.4 | -25.6 | -14 | 6.8 |
| -51.1 | -60 | -76 | -35.6 | -32 | -25.6 | -25.0 | -13 | 8.6 |
| -45.6 | -50 | -58.0 | -35.0 | -31 | -23.8 | -24.4 | -12 | 10.4 |
| -45.0 | -49 | -56.2 | -34.4 | -30 | -22.0 | -23.9 | -11 | 12.2 |
| -44.4 | -48 | -54.4 | -33.9 | -29 | -20.2 | -23.3 | -10 | 14.0 |
| -43.9 | -47 | -52.6 | -33.3 | -28 | -18.4 | -22.8 | -9 | 15.8 |
| -43.3 | -46 | -50.8 | -32.8 | -27 | -16.6 | -22.2 | -8 | 17.6 |
| -42.8 | -45 | -49.0 | -32.2 | -26 | -14.8 | -21.7 | -7 | 19.4 |
| -42.2 | -44 | -47.2 | -31.7 | -25 | -13.0 | -21.1 | -6 | 21.2 |
| -41.7 | -43 | -45.4 | -31.1 | -24 | -11.2 | -20.6 | -5 | 23.0 |
| -41.1 | -42 | -43.6 | -30.6 | -23 | -9.4 | -20.0 | -4 | 24.8 |
| -40.6 | -41 | -41.8 | -30.0 | -22 | -7.6 | -19.4 | -3 | 26.6 |
| -40.0 | -40 | -40.0 | -29.4 | -21 | -5.8 | -18.9 | -2 | 28.4 |
| -39.4 | -39 | -38.2 | -28.9 | -20 | -4.0 | -18.3 | -1 | 30.2 |
| -38.9 | -38 | -36.4 | -28.3 | -19 | -2.2 | -17.8 | 0 | 32.0 |

(续)

| ℃ | ↓ | °F | ℃ | ↓ | °F | ℃ | ↓ | °F |
|-------|----|------|------|----|-------|------|----|-------|
| -17.2 | 1 | 33.8 | -6.7 | 20 | 68.0 | 3.9 | 39 | 102.2 |
| -16.7 | 2 | 35.6 | -6.1 | 21 | 69.8 | 4.4 | 40 | 104.0 |
| -16.1 | 3 | 37.4 | -5.6 | 22 | 71.6 | 5.0 | 41 | 105.8 |
| -15.6 | 4 | 39.2 | -5.0 | 23 | 73.4 | 5.6 | 42 | 107.6 |
| -15.0 | 5 | 41.0 | -4.4 | 24 | 75.2 | 6.1 | 43 | 109.4 |
| -14.4 | 6 | 42.8 | -3.9 | 25 | 77.0 | 6.7 | 44 | 111.2 |
| -13.9 | 7 | 44.6 | -3.3 | 26 | 78.8 | 7.2 | 45 | 113.0 |
| -13.3 | 8 | 46.4 | -2.8 | 27 | 80.6 | 7.8 | 46 | 114.8 |
| -12.8 | 9 | 48.2 | -2.2 | 28 | 82.4 | 8.3 | 47 | 116.6 |
| -12.2 | 10 | 50.0 | -1.7 | 29 | 84.2 | 8.9 | 48 | 118.4 |
| -11.7 | 11 | 51.8 | -1.1 | 30 | 86.0 | 9.4 | 49 | 120.2 |
| -11.1 | 12 | 53.6 | -0.6 | 31 | 87.8 | 10.0 | 50 | 122.0 |
| -10.6 | 13 | 55.4 | 0 | 32 | 89.6 | 10.6 | 51 | 123.8 |
| -10.0 | 14 | 57.2 | 0.6 | 33 | 91.4 | 11.1 | 52 | 125.6 |
| -9.4 | 15 | 59.0 | 1.1 | 34 | 93.2 | 11.7 | 53 | 127.4 |
| -8.9 | 16 | 60.8 | 1.7 | 35 | 95.0 | 12.2 | 54 | 129.2 |
| -8.3 | 17 | 62.6 | 2.2 | 36 | 96.8 | 12.8 | 55 | 131.0 |
| -7.8 | 18 | 64.4 | 2.8 | 37 | 98.6 | 13.3 | 56 | 132.8 |
| -7.2 | 19 | 66.2 | 3.3 | 38 | 100.4 | 13.9 | 57 | 134.6 |

(续)

| ℃ | ↓ | °F | ℃ | ↓ | °F | ℃ | ↓ | °F |
|------|----|-------|------|----|-------|------|-----|-------|
| 14.4 | 58 | 136.4 | 25.0 | 77 | 170.6 | 35.6 | 96 | 204.8 |
| 15.0 | 59 | 138.2 | 25.6 | 78 | 172.4 | 36.1 | 97 | 206.6 |
| 15.6 | 60 | 140.0 | 26.1 | 79 | 174.2 | 36.7 | 98 | 208.4 |
| 16.1 | 61 | 141.8 | 26.7 | 80 | 176.0 | 37.2 | 99 | 210.2 |
| 16.7 | 62 | 143.6 | 27.2 | 81 | 177.8 | 37.8 | 100 | 212.0 |
| 17.2 | 63 | 145.4 | 27.8 | 82 | 179.6 | 38.3 | 101 | 213.8 |
| 17.8 | 64 | 147.2 | 28.3 | 83 | 181.4 | 38.9 | 102 | 215.6 |
| 18.3 | 65 | 149.0 | 28.9 | 84 | 183.2 | 39.4 | 103 | 217.4 |
| 18.9 | 66 | 150.8 | 29.4 | 85 | 185.0 | 40.0 | 104 | 219.2 |
| 19.4 | 67 | 152.6 | 30.0 | 86 | 186.8 | 40.6 | 105 | 221.0 |
| 20.0 | 68 | 154.4 | 30.6 | 87 | 188.6 | 41.1 | 106 | 222.8 |
| 20.6 | 69 | 156.2 | 31.1 | 88 | 190.4 | 41.7 | 107 | 224.0 |
| 21.1 | 70 | 158.0 | 31.7 | 89 | 192.2 | 42.2 | 108 | 226.4 |
| 21.7 | 71 | 159.8 | 32.2 | 90 | 194.0 | 42.8 | 109 | 228.2 |
| 22.2 | 72 | 161.6 | 32.8 | 91 | 195.8 | 43.3 | 110 | 230.0 |
| 22.8 | 73 | 163.4 | 33.3 | 92 | 197.6 | 43.9 | 111 | 231.8 |
| 23.3 | 74 | 165.2 | 33.9 | 93 | 199.4 | 44.4 | 112 | 233.6 |
| 23.9 | 75 | 167.0 | 34.4 | 94 | 201.2 | 45.0 | 113 | 235.4 |
| 24.4 | 76 | 168.8 | 35.0 | 95 | 203.0 | 45.6 | 114 | 237.2 |

(续)

| ℃ | † | *F | ℃ | † | *F | ℃ | † | *F |
|------|-----|-------|------|-----|-------|------|-----|-------|
| 46.1 | 115 | 239.0 | 56.7 | 134 | 273.2 | 67.2 | 153 | 307.4 |
| 46.7 | 116 | 240.8 | 57.2 | 135 | 275.0 | 67.8 | 154 | 309.2 |
| 47.2 | 117 | 242.6 | 57.8 | 136 | 276.8 | 68.3 | 155 | 311.0 |
| 47.8 | 118 | 244.4 | 58.3 | 137 | 278.6 | 68.9 | 156 | 312.8 |
| 48.3 | 119 | 246.2 | 58.9 | 138 | 280.4 | 69.4 | 157 | 314.6 |
| 48.9 | 120 | 248.0 | 59.4 | 139 | 282.2 | 70.0 | 158 | 316.4 |
| 49.4 | 121 | 249.8 | 60.0 | 140 | 284.0 | 70.6 | 159 | 318.2 |
| 50.0 | 122 | 251.6 | 60.6 | 141 | 285.8 | 71.1 | 160 | 320.0 |
| 50.6 | 123 | 253.4 | 61.1 | 142 | 287.6 | 71.7 | 161 | 321.8 |
| 51.1 | 124 | 255.2 | 61.7 | 143 | 289.4 | 72.2 | 162 | 323.6 |
| 51.7 | 125 | 257.0 | 62.2 | 144 | 291.2 | 72.8 | 163 | 325.4 |
| 52.2 | 126 | 258.8 | 62.8 | 145 | 293.0 | 73.3 | 164 | 327.2 |
| 52.8 | 127 | 260.6 | 63.3 | 146 | 294.8 | 73.9 | 165 | 329.0 |
| 53.3 | 128 | 262.4 | 63.9 | 147 | 296.6 | 74.4 | 166 | 330.8 |
| 53.9 | 129 | 264.2 | 64.4 | 148 | 298.4 | 75.0 | 167 | 332.6 |
| 54.4 | 130 | 266.0 | 65.0 | 149 | 300.2 | 75.6 | 168 | 334.4 |
| 55.0 | 131 | 267.8 | 65.6 | 150 | 302.0 | 76.1 | 169 | 336.2 |
| 55.6 | 132 | 269.6 | 66.1 | 151 | 303.8 | 76.7 | 170 | 338.0 |
| 56.1 | 133 | 271.4 | 66.7 | 152 | 305.6 | 77.2 | 171 | 339.8 |

(续)

| ℃ | † | °F | ℃ | † | °F | ℃ | † | °F |
|------|-----|-------|------|-----|-------|-------|-----|-------|
| 77.8 | 172 | 341.6 | 88.3 | 191 | 375.8 | 98.9 | 210 | 410.0 |
| 78.3 | 173 | 343.4 | 88.9 | 192 | 377.6 | 99.4 | 211 | 411.8 |
| 78.9 | 174 | 345.2 | 89.4 | 193 | 379.4 | 100.0 | 212 | 413.6 |
| 79.4 | 175 | 347.0 | 90.0 | 194 | 381.2 | 100.6 | 213 | 415.4 |
| 80.0 | 176 | 348.8 | 90.6 | 195 | 383.0 | 101.1 | 214 | 417.2 |
| 80.6 | 177 | 350.6 | 91.1 | 196 | 384.8 | 101.7 | 215 | 419.0 |
| 81.1 | 178 | 352.4 | 91.7 | 197 | 386.6 | 102.2 | 216 | 420.8 |
| 81.7 | 179 | 354.2 | 92.2 | 198 | 388.4 | 102.8 | 217 | 422.6 |
| 82.2 | 180 | 356.0 | 92.8 | 199 | 390.2 | 103.3 | 218 | 424.4 |
| 82.8 | 181 | 357.8 | 93.3 | 200 | 392.0 | 103.9 | 219 | 426.2 |
| 83.3 | 182 | 359.6 | 93.9 | 201 | 393.8 | 104.4 | 220 | 428.0 |
| 83.9 | 183 | 361.4 | 94.4 | 202 | 395.6 | 105.0 | 221 | 429.8 |
| 84.4 | 184 | 363.2 | 95.0 | 203 | 397.4 | 105.6 | 222 | 431.6 |
| 85.0 | 185 | 365.0 | 95.6 | 204 | 399.2 | 106.1 | 223 | 433.4 |
| 85.6 | 186 | 366.8 | 96.1 | 205 | 401.0 | 106.7 | 224 | 435.2 |
| 86.1 | 187 | 368.6 | 96.7 | 206 | 402.8 | 107.2 | 225 | 437.0 |
| 86.7 | 188 | 370.4 | 97.2 | 207 | 404.6 | 107.8 | 226 | 438.8 |
| 87.2 | 189 | 372.2 | 97.8 | 208 | 406.4 | 108.3 | 227 | 440.6 |
| 87.8 | 190 | 374.0 | 98.3 | 209 | 408.2 | 108.9 | 228 | 442.4 |

(续)

| ℃ | † | °F | ℃ | † | °F | ℃ | † | °F |
|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|
| 109.4 | 229 | 444.2 | 120.0 | 248 | 478.4 | 216 | 420 | 788 |
| 110.0 | 230 | 446.0 | 120.6 | 249 | 480.2 | 221 | 430 | 806 |
| 110.6 | 231 | 447.8 | 121 | 250 | 482 | 227 | 440 | 824 |
| 111.1 | 232 | 449.6 | 127 | 260 | 500 | 232 | 450 | 842 |
| 111.7 | 233 | 451.4 | 132 | 270 | 518 | 238 | 460 | 860 |
| 112.2 | 234 | 453.2 | 138 | 280 | 536 | 243 | 470 | 878 |
| 112.8 | 235 | 455.0 | 143 | 290 | 554 | 249 | 480 | 896 |
| 113.3 | 236 | 456.8 | 149 | 300 | 572 | 254 | 490 | 914 |
| 113.9 | 237 | 458.6 | 154 | 310 | 590 | 260 | 500 | |
| 114.4 | 238 | 460.4 | 160 | 320 | 608 | 266 | 510 | |
| 115.0 | 239 | 462.2 | 166 | 330 | 626 | 271 | 520 | |
| 115.6 | 240 | 464.0 | 171 | 340 | 644 | 277 | 530 | |
| 116.1 | 241 | 465.8 | 177 | 350 | 662 | 282 | 540 | |
| 116.7 | 242 | 467.6 | 182 | 360 | 680 | 288 | 550 | |
| 117.2 | 243 | 469.4 | 188 | 370 | 698 | 293 | 560 | |
| 117.8 | 244 | 471.2 | 193 | 380 | 716 | 299 | 570 | |
| 118.3 | 245 | 473.0 | 199 | 390 | 734 | 304 | 580 | |
| 118.9 | 246 | 474.8 | 204 | 400 | 752 | 310 | 590 | |
| 119.4 | 247 | 476.6 | 210 | 410 | 770 | 316 | 600 | |

(续)

| ℃ | ↓ | °F | ℃ | ↓ | °F | ℃ | ↓ | °F |
|-----|-----|----|-----|-----|----|---------|---|------|
| 321 | 610 | | 427 | 800 | | 每 度 差 值 | | |
| 327 | 620 | | 432 | 810 | | ℃ | ↓ | °F |
| 332 | 630 | | 438 | 820 | | 0.56 | 1 | 1.8 |
| 338 | 640 | | 443 | 830 | | 1.11 | 2 | 3.6 |
| 343 | 650 | | 449 | 840 | | 1.67 | 3 | 5.4 |
| 349 | 660 | | 454 | 850 | | 2.22 | 4 | 7.2 |
| 354 | 670 | | 460 | 860 | | 2.78 | 5 | 9.0 |
| 360 | 680 | | 466 | 870 | | 3.33 | 6 | 10.8 |
| 366 | 690 | | 471 | 880 | | 3.89 | 7 | 12.6 |
| 371 | 700 | | 477 | 890 | | 4.44 | 8 | 14.4 |
| 377 | 710 | | 482 | 900 | | 5.00 | 9 | 16.2 |
| 382 | 720 | | | | | | | |
| 388 | 730 | | | | | | | |
| 393 | 740 | | | | | | | |
| 399 | 750 | | | | | | | |
| 404 | 760 | | | | | | | |
| 410 | 770 | | | | | | | |
| 416 | 780 | | | | | | | |
| 421 | 790 | | | | | | | |

33. 运动粘度(厘斯)与恩氏粘度(°E)对照表

表 1—35

| 运动粘度 (厘斯) | 恩氏粘度 (°E) |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 1.00 | 16 | 2.48 | 31 | 4.33 | 46 | 6.28 | 61 | 8.26 |
| 2 | 1.10 | 17 | 2.60 | 32 | 4.46 | 47 | 6.42 | 62 | 8.40 |
| 3 | 1.20 | 18 | 2.72 | 33 | 4.59 | 48 | 6.55 | 63 | 8.53 |
| 4 | 1.29 | 19 | 2.83 | 34 | 4.72 | 49 | 6.68 | 64 | 8.66 |
| 5 | 1.39 | 20 | 2.95 | 35 | 4.85 | 50 | 6.81 | 65 | 8.80 |
| 6 | 1.48 | 21 | 3.07 | 36 | 4.98 | 51 | 6.94 | 66 | 8.93 |
| 7 | 1.57 | 22 | 3.19 | 37 | 5.11 | 52 | 7.07 | 67 | 9.06 |
| 8 | 1.67 | 23 | 3.31 | 38 | 5.24 | 53 | 7.20 | 68 | 9.20 |
| 9 | 1.76 | 24 | 3.43 | 39 | 5.37 | 54 | 7.33 | 69 | 9.34 |
| 10 | 1.86 | 25 | 3.56 | 40 | 5.50 | 55 | 7.47 | 70 | 9.48 |
| 11 | 1.96 | 26 | 3.68 | 41 | 5.63 | 56 | 7.60 | 71 | 9.61 |
| 12 | 2.05 | 27 | 3.81 | 42 | 5.76 | 57 | 7.73 | 72 | 9.75 |
| 13 | 2.15 | 28 | 3.95 | 43 | 5.89 | 58 | 7.86 | 73 | 9.88 |
| 14 | 2.26 | 29 | 4.07 | 44 | 6.02 | 59 | 8.00 | 74 | 10.01 |
| 15 | 2.37 | 30 | 4.20 | 45 | 6.16 | 60 | 8.13 | 75 | 10.15 |

注: 更高的运动粘度 v_1 可用下式换算成恩氏粘度 °E₁。

$$°E_1 = 0.135v_1 \quad v_1 = 7.41° E_1$$

34. 千克力/厘米²与磅力/英寸²对照表

表 1—36

| 真 | | | 空 | | | 度 | | |
|---------|----|-------|------|-------|------|------|-------|------|
| cmHg | ↓ | inHg | cmHg | ↓ | inHg | cmHg | ↓ | inHg |
| 0 | 0 | 0 | 34 | 13.39 | | 68 | 26.77 | |
| 5.080 | 2 | 0.787 | 36 | 14.17 | | 70 | 27.56 | |
| 10.16 | 4 | 1.575 | 38 | 14.96 | | 72 | 28.35 | |
| 15.24 | 6 | 2.362 | 40 | 15.75 | | 74 | 29.13 | |
| 20.32 | 8 | 3.150 | 42 | 16.54 | | 76 | 29.92 | |
| 25.40 | 10 | 3.937 | 44 | 17.32 | | | | |
| 30.48 | 12 | 4.724 | 46 | 18.11 | | | | |
| 35.56 | 14 | 5.512 | 48 | 18.90 | | | | |
| 40.64 | 16 | 6.300 | 50 | 19.69 | | | | |
| 45.72 | 18 | 7.087 | 52 | 20.47 | | | | |
| 50.80 | 20 | 7.874 | 54 | 21.26 | | | | |
| 55.88 | 22 | 8.661 | 56 | 22.05 | | | | |
| 60.96 | 24 | 9.449 | 58 | 22.84 | | | | |
| 66.04 | 28 | 10.24 | 60 | 23.62 | | | | |
| 71.12 | 28 | 11.02 | 62 | 24.41 | | | | |
| (76.20) | 30 | 11.81 | 64 | 25.20 | | | | |
| | 32 | 12.60 | 66 | 25.98 | | | | |

(续)

| 压 | | | 力 | | | | | |
|---------------------|-----|---------------------|---------------------|----|---------------------|---------------------|----|---------------------|
| kgf/cm ² | ↓ | lbf/in ² | kgf/cm ² | ↓ | lbf/in ² | kgf/cm ² | ↓ | lbf/in ² |
| 0 | 0 | 0 | 0.6328 | 9 | 128.01 | 1.8983 | 27 | 384.03 |
| | 0.1 | 1.422 | 0.7031 | 10 | 142.23 | 1.9686 | 28 | 398.25 |
| | 0.2 | 2.845 | 0.7734 | 11 | 156.46 | 2.0389 | 29 | 412.48 |
| | 0.3 | 4.267 | 0.8437 | 12 | 170.68 | 2.1092 | 30 | 426.70 |
| | 0.4 | 5.689 | 0.9140 | 13 | 184.90 | 2.1795 | 31 | 440.92 |
| | 0.5 | 7.112 | 0.9843 | 14 | 199.13 | 2.2498 | 32 | 455.15 |
| | 0.6 | 8.534 | 1.0546 | 15 | 213.35 | 2.3201 | 33 | 469.37 |
| | 0.7 | 9.956 | 1.1249 | 16 | 227.57 | 2.3904 | 34 | 483.59 |
| | 0.8 | 11.38 | 1.1952 | 17 | 241.80 | 2.4608 | 35 | 497.82 |
| | 0.9 | 12.80 | 1.2655 | 18 | 256.02 | 2.5311 | 36 | 512.04 |
| 0.0703 | 1 | 14.223 | 1.3358 | 19 | 270.24 | 2.6014 | 37 | 526.26 |
| 0.1406 | 2 | 28.447 | 1.4061 | 20 | 284.47 | 2.6717 | 38 | 540.49 |
| 0.2109 | 3 | 42.670 | 1.4765 | 21 | 298.69 | 2.7420 | 39 | 554.71 |
| 0.2812 | 4 | 56.893 | 1.5468 | 22 | 312.91 | 2.8123 | 40 | 568.93 |
| 0.3515 | 5 | 71.117 | 1.6171 | 23 | 327.14 | 2.8826 | 41 | 583.16 |
| 0.4218 | 6 | 85.340 | 1.6874 | 24 | 341.36 | 2.9529 | 42 | 597.38 |
| 0.4922 | 7 | 99.563 | 1.7577 | 25 | 355.58 | 3.0232 | 43 | 611.60 |
| 0.5625 | 8 | 113.79 | 1.8280 | 26 | 369.81 | 3.0935 | 44 | 625.83 |

| 压 | | | 力 | | | 压 | | |
|---------------------|----|---------------------|---------------------|----|---------------------|---------------------|----|---------------------|
| kgf/cm ² | ↓ | lbf/in ² | kgf/cm ² | ↓ | lbf/in ² | kgf/cm ² | ↓ | lbf/in ² |
| 3.1638 | 45 | 640.05 | 4.4294 | 63 | 896.07 | 5.6949 | 81 | 1151.1 |
| 3.2341 | 46 | 654.27 | 4.4997 | 64 | 910.29 | 5.7652 | 82 | 1166.3 |
| 3.3044 | 47 | 668.50 | 4.5700 | 65 | 924.52 | 5.8355 | 83 | 1180.5 |
| 3.3747 | 48 | 682.72 | 4.6402 | 66 | 938.74 | 5.9058 | 84 | 1194.8 |
| 3.4451 | 49 | 696.94 | 4.7106 | 67 | 952.96 | 5.9761 | 85 | 1209.0 |
| 3.5154 | 50 | 711.17 | 4.7809 | 68 | 967.19 | 6.0464 | 86 | 1223.2 |
| 3.5857 | 51 | 725.39 | 4.8512 | 69 | 981.41 | 6.1167 | 87 | 1237.4 |
| 3.6560 | 52 | 739.61 | 4.9215 | 70 | 995.63 | 6.1870 | 88 | 1251.7 |
| 3.7263 | 53 | 753.84 | 4.9918 | 71 | 1009.9 | 6.2573 | 89 | 1265.9 |
| 3.7966 | 54 | 768.06 | 5.0621 | 72 | 1024.1 | 6.3276 | 90 | 1280.1 |
| 3.8669 | 55 | 782.28 | 5.1324 | 73 | 1038.3 | 6.3980 | 91 | |
| 3.9372 | 56 | 796.51 | 5.2027 | 74 | 1052.5 | 6.4683 | 92 | |
| 4.0075 | 57 | 810.73 | 5.2730 | 75 | 1066.8 | 6.5386 | 93 | |
| 4.0778 | 58 | 824.95 | 5.3433 | 76 | 1081.0 | 6.6089 | 94 | |
| 4.1481 | 59 | 839.18 | 5.4137 | 77 | 1095.2 | 6.6792 | 95 | |
| 4.2184 | 60 | 853.40 | 5.4840 | 78 | 1109.4 | 6.7495 | 96 | |
| 4.2887 | 61 | 867.62 | 5.5543 | 79 | 1123.6 | 6.8198 | 97 | |
| 4.3590 | 62 | 881.85 | 5.6246 | 80 | 1137.9 | 6.8901 | 98 | |

(续)

| K | | | | 力 | | | | |
|---------------------|-----|---------------------|---------------------|-----|---------------------|---------------------|-----|---------------------|
| kgf/cm ² | ↓ | lbf/in ² | kgf/cm ² | ↓ | lbf/in ² | kgf/cm ² | ↓ | lbf/in ² |
| 6.9604 | 99 | | 18.983 | 270 | | 31.638 | 450 | |
| 7.0397 | 100 | | 19.686 | 280 | | 32.341 | 460 | |
| 7.7338 | 110 | | 20.389 | 290 | | 33.044 | 470 | |
| 8.4369 | 120 | | 21.092 | 300 | | 33.747 | 480 | |
| 9.1399 | 130 | | 21.795 | 310 | | 34.451 | 490 | |
| 9.8430 | 140 | | 22.498 | 320 | | 35.154 | 500 | |
| 10.546 | 150 | | 23.201 | 330 | | | | |
| 11.249 | 160 | | 23.904 | 340 | | | | |
| 11.952 | 170 | | 24.608 | 350 | | | | |
| 12.655 | 180 | | 25.311 | 360 | | | | |
| 13.358 | 190 | | 26.014 | 370 | | | | |
| 14.061 | 200 | | 26.717 | 380 | | | | |
| 14.765 | 210 | | 27.420 | 390 | | | | |
| 15.468 | 220 | | 28.123 | 400 | | | | |
| 16.171 | 230 | | 28.826 | 410 | | | | |
| 16.874 | 240 | | 29.529 | 420 | | | | |
| 17.577 | 250 | | 30.232 | 430 | | | | |
| 18.280 | 260 | | 30.935 | 440 | | | | |

35. 常用线规号码与线径(毫米、英寸)对照表

表1—37

| 线规 | 中国线规 CWG 线 径 | | 英国线规 SWG 线 径 | | 美国线规 AWG 线 径 | | 线规 | 中国线规 CWG 线 径 | | 英国线规 SWG 线 径 | | 美国线规 AWG 线 径 | |
|------|--------------------|-----|--------------------|--------|--------------------|--------|----|--------------------|-------|--------------------|--------|--------------------|-----|
| | 号 码 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 | | 号 码 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 |
| 0000 | | | 0.400 | 10.160 | 0.4600 | 11.684 | 7 | 4.50 | 0.176 | 4.470 | 0.1443 | 3.665 | |
| 000 | | | 0.372 | 9.449 | 0.4096 | 10.404 | 8 | 4.00 | 0.160 | 4.064 | 0.1285 | 3.264 | |
| 00 | | | 0.348 | 8.839 | 0.3648 | 9.266 | 9 | 3.55 | 0.144 | 3.658 | 0.1144 | 2.906 | |
| 0 | 8.00 | | 0.324 | 8.230 | 0.3249 | 8.252 | 10 | | 0.128 | 3.251 | 0.1019 | 2.588 | |
| 1 | | | 0.300 | 7.620 | 0.2893 | 7.348 | 11 | 3.15 2.80 | 0.116 | 2.946 | 0.0907 | 2.305 | |
| 2 | 7.10 | | 0.276 | 7.010 | 0.2576 | 6.544 | 12 | 2.50 | 0.104 | 2.642 | 0.0808 | 2.053 | |
| 3 | 6.30 | | 0.252 | 6.401 | 0.2294 | 5.827 | 13 | 2.24 | 0.092 | 2.337 | 0.0720 | 1.828 | |
| 4 | | | 0.232 | 5.893 | 0.2043 | 5.189 | 14 | 2.00 | 0.080 | 2.032 | 0.0641 | 1.628 | |
| 5 | 5.60 5.00 | | 0.212 | 5.385 | 0.1819 | 4.621 | 15 | 1.80 | 0.072 | 1.829 | 0.0571 | 1.450 | |
| 6 | 4.50 | | 0.192 | 4.877 | 0.1620 | 4.115 | 16 | 1.60 | 0.064 | 1.626 | 0.0508 | 1.291 | |

(续)

| 线规 | 中国线规 CWG 线 径 | | 英国线规 SWG 线 径 | | 美国线规 AWG 线 径 | | 线规 | 中国线规 CWG 线 径 | | 英国线规 SWG 线 径 | | 美国线规 AWG 线 径 | |
|----|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|-----|----------------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-----|
| | 号 码 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 | | 号 码 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 |
| 17 | 1.60 | 0.056 | 1.422 | 0.0453 | 1.150 | 23 | 0.71 0.63 | 0.0240 | 0.610 | 0.0226 | 0.573 | | |
| — | 1.40 | — | — | — | — | 24 | 0.56 | 0.0220 | 0.559 | 0.0201 | 0.511 | | |
| — | 1.25 | — | — | — | — | 25 | 0.50 | 0.0200 | 0.508 | 0.0179 | 0.455 | | |
| 18 | 1.12 | 0.048 | 1.219 | 0.0403 | 1.024 | 26 | | 0.0180 | 0.457 | 0.0159 | 0.405 | | |
| 19 | 1.00 | 0.040 | 1.016 | 0.0359 | 0.912 | 27 | 0.450 0.400 | 0.0164 | 0.417 | 0.0142 | 0.361 | | |
| 20 | | 0.036 | 0.914 | 0.0320 | 0.812 | 28 | 0.335 | 0.0148 | 0.376 | 0.0126 | 0.321 | | |
| 21 | 0.90 | 0.032 | 0.813 | 0.0285 | 0.723 | 29 | | 0.0136 | 0.345 | 0.0113 | 0.286 | | |
| 22 | 0.80 | 0.0280 | 0.711 | 0.0253 | 0.644 | 30 | 0.315 | 0.0124 | 0.315 | 0.0100 | 0.255 | | |

(续)

| 线规 | 中国线规 CWG | | 英国线规 SWG | | 美国线规 AWG | | 线规 | 中国线规 CWG | | 英国线规 SWG | | 美国线规 AWG | |
|----|----------------|--------|-------------|--------|-------------|-----|----|----------------|--------|-------------|---------|-------------|-----|
| | 线 径 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 | | 线 径 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 | 英 寸 | 毫 米 |
| 31 | 0.315 | 0.0116 | 0.295 | 0.0089 | 0.227 | | 39 | 0.140 0.125 | 0.0052 | 0.132 | 0.0035 | 0.089 | |
| 32 | 0.280 | 0.0108 | 0.274 | 0.0080 | 0.202 | | 40 | — | 0.0048 | 0.122 | 0.0031 | 0.079 | |
| 33 | 0.250 | 0.0100 | 0.254 | 0.0071 | 0.180 | | 41 | — | 0.0044 | 0.112 | 0.0028 | 0.071 | |
| 34 | | 0.0092 | 0.234 | 0.0063 | 0.160 | | 42 | — | 0.0040 | 0.102 | 0.0025 | 0.064 | |
| 35 | 0.224 0.200 | 0.0084 | 0.213 | 0.0056 | 0.143 | | 43 | — | 0.0036 | 0.091 | 0.0022 | 0.056 | |
| 36 | 0.180 | 0.0076 | 0.193 | 0.0050 | 0.127 | | 44 | — | 0.0032 | 0.081 | 0.00193 | 0.050 | |
| 37 | | 0.0068 | 0.173 | 0.0045 | 0.114 | | 45 | — | 0.0028 | 0.071 | 0.00176 | 0.045 | |
| 38 | 0.160 | 0.0060 | 0.152 | 0.0040 | 0.102 | | 46 | — | 0.0024 | 0.061 | 0.00157 | 0.040 | |

36. 千克力数化为牛顿数的换算表

表 1—38

| 千克力(kgf) 千克力·米(kgf·m) 千克力 米 ² ($\frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$) 千克力 米 ³ ($\frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$) | 千克力(kgf), 千克力·米(kgf·m), 千克力/米 ² (kgf/m ²), 千克力/米 ³ (kgf/m ³) | | | | | | | | | |
|--|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 牛顿(N) 牛顿·米(N·m) 牛顿/米 ² (N/m ²) 牛顿/米 ³ (N/m ³) | | | | | | | | | |
| 0 | | 9.80665 | 19.6133 | 29.4200 | 39.2266 | 49.0332 | 58.8399 | 68.6466 | 78.4532 | 88.2598 |
| 10 | 98.0665 | 107.873 | 117.680 | 127.485 | 137.293 | 147.100 | 156.906 | 166.713 | 176.520 | 186.326 |
| 20 | 196.133 | 205.940 | 215.746 | 225.553 | 235.360 | 245.166 | 254.973 | 264.780 | 274.586 | 284.393 |
| 30 | 294.200 | 304.006 | 313.813 | 323.619 | 333.426 | 343.233 | 353.039 | 362.846 | 372.653 | 382.459 |
| 40 | 392.266 | 402.073 | 411.879 | 421.686 | 431.493 | 441.299 | 451.106 | 460.913 | 470.719 | 480.526 |
| 50 | 490.332 | 500.139 | 509.946 | 519.752 | 529.559 | 539.366 | 549.172 | 558.979 | 568.786 | 578.592 |
| 60 | 588.399 | 598.206 | 608.012 | 617.819 | 627.626 | 637.432 | 647.239 | 657.046 | 666.852 | 676.659 |
| 70 | 686.466 | 696.272 | 706.079 | 715.885 | 725.692 | 735.499 | 745.305 | 755.112 | 764.919 | 774.725 |
| 80 | 784.532 | 794.339 | 804.145 | 813.952 | 823.759 | 833.565 | 843.372 | 853.179 | 862.985 | 872.792 |
| 90 | 882.598 | 892.405 | 902.212 | 912.018 | 921.825 | 931.632 | 941.438 | 951.245 | 961.052 | 970.858 |

注: 1 千克力 = 9.80665 牛顿, 1 千克力·米 = 9.80665 牛顿·米, 1 千克力/米² = 9.80665 牛顿/米², 1 千克力/米³ = 9.80665 牛顿/米³。

37. 千米/时数化为米/秒数的换算表

表 1—39

| 千米/时 (km/h) | 千米/时(km/h) 吨/时(t/h) | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 吨/时 (t/h) | 米/秒(m/s) 千克/秒(kg/s) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0.277778 | 0.555556 | 0.833333 | 1.111111 | 1.388889 | 1.666667 | 1.944444 | 2.222222 | 2.500000 |
| 10 | 2.77778 | 3.05556 | 3.33333 | 3.61111 | 3.88889 | 4.16667 | 4.44444 | 4.72222 | 5.00000 | 5.27778 |
| 20 | 5.55556 | 5.83333 | 6.11111 | 6.38889 | 6.66667 | 6.94444 | 7.22222 | 7.50000 | 7.77778 | 8.05556 |
| 30 | 8.33333 | 8.61111 | 8.88889 | 9.16667 | 9.44444 | 9.72222 | 10.00000 | 10.2778 | 10.5556 | 10.8333 |
| 40 | 11.1111 | 11.3889 | 11.6667 | 11.9444 | 12.2222 | 12.5000 | 12.7778 | 13.0556 | 13.3333 | 13.6111 |
| 50 | 13.8889 | 14.1667 | 14.4444 | 14.7222 | 15.0000 | 15.2778 | 15.5556 | 15.8333 | 16.1111 | 16.3889 |
| 60 | 16.6667 | 16.9444 | 17.2222 | 17.5000 | 17.7778 | 18.0556 | 18.3333 | 18.6111 | 18.8889 | 19.1667 |
| 70 | 19.4444 | 19.7222 | 20.0000 | 20.2778 | 20.5556 | 20.8333 | 21.1111 | 21.3889 | 21.6667 | 21.9444 |
| 80 | 22.2222 | 22.5000 | 22.7778 | 23.0556 | 23.3333 | 23.6111 | 23.8889 | 24.1667 | 24.4444 | 24.7222 |
| 90 | 25.0000 | 25.2778 | 25.5556 | 25.8333 | 26.1111 | 26.3889 | 26.6667 | 26.9444 | 27.2222 | 27.5000 |

注：1千米/小时 = $1/3.6 = 0.2777\dots$ 米/秒；1吨/小时 = $1/3.6 = 0.2777\dots$ 千克/秒。

38. 千克力/厘米²数化为帕斯卡数的换算表

表 1—40

| 千克力 厘米 ² | 千克力/厘米 ² (kgf/cm ²) | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ($\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$) | 帕斯卡(Pa) × 10 ⁻⁶ 牛顿/米 ² (N/m ²) × 10 ⁻⁶ | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0.0980665 | 0.196133 | 0.294200 | 0.392266 | 0.490332 | 0.588399 | 0.686466 | 0.784532 | 0.882598 |
| 10 | 0.980665 | 1.07873 | 1.17680 | 1.27486 | 1.37293 | 1.47100 | 1.56906 | 1.66713 | 1.76520 | 1.86326 |
| 20 | 1.96133 | 2.05940 | 2.15746 | 2.25553 | 2.35360 | 2.45166 | 2.54973 | 2.64780 | 2.74586 | 2.84393 |
| 30 | 2.94200 | 3.04006 | 3.13813 | 3.23619 | 3.33426 | 3.43233 | 3.53039 | 3.62846 | 3.72653 | 3.82459 |
| 40 | 3.92260 | 4.02073 | 4.11879 | 4.21686 | 4.31493 | 4.41299 | 4.51106 | 4.60913 | 4.70719 | 4.80526 |
| 50 | 4.90332 | 5.00139 | 5.09946 | 5.19752 | 5.29559 | 5.39366 | 5.49172 | 5.58979 | 5.68786 | 5.78592 |
| 60 | 5.88399 | 5.98206 | 6.08012 | 6.17819 | 6.27626 | 6.37432 | 6.47239 | 6.57046 | 6.66852 | 6.76659 |
| 70 | 6.86466 | 6.96272 | 7.06079 | 7.15885 | 7.25692 | 7.35499 | 7.45305 | 7.55112 | 7.64919 | 7.74725 |
| 80 | 7.84532 | 7.94339 | 8.04145 | 8.13952 | 8.23759 | 8.33565 | 8.43372 | 8.53179 | 8.62985 | 8.72792 |
| 90 | 8.82598 | 8.92405 | 9.02212 | 9.12018 | 9.21825 | 9.31632 | 9.41438 | 9.51245 | 9.61052 | 9.70858 |

注: 1 工程气压($\frac{\text{千克力}}{\text{厘米}^2}$) = 98066.5 帕斯卡 ($\frac{\text{牛顿}}{\text{米}^2}$), 表中数据乘 10⁻⁶ 得到以牛顿/米² 表示的压力。

39. 毫米汞柱数或托数化为牛顿/米²数的换算表

表 1—41

| 毫米汞柱 (mmHg) 或 托 | 毫米汞柱(mmHg)或托 | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 牛顿/米 ² (N/m ²) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 133.322 | 266.644 | 399.966 | 533.288 | 666.610 | 799.932 | 933.254 | 1066.576 | 1199.900 |
| 10 | 1333.22 | 1466.54 | 1599.86 | 1733.19 | 1866.51 | 1999.83 | 2133.15 | 2266.47 | 2399.80 | 2533.12 |
| 20 | 2666.44 | 2799.76 | 2933.08 | 3066.41 | 3199.73 | 3333.05 | 3466.37 | 3599.69 | 3733.02 | 3866.34 |
| 30 | 3999.66 | 4132.98 | 4266.30 | 4399.63 | 4532.95 | 4666.27 | 4799.59 | 4932.91 | 5066.24 | 5199.56 |
| 40 | 5332.88 | 5466.20 | 5599.52 | 5732.85 | 5866.17 | 5999.49 | 6132.81 | 6266.13 | 6399.46 | 6532.78 |
| 50 | 6666.10 | 6799.42 | 6932.74 | 7066.07 | 7199.39 | 7332.71 | 7466.03 | 7599.35 | 7732.68 | 7866.00 |
| 60 | 7999.32 | 8132.64 | 8265.96 | 8399.29 | 8532.61 | 8665.93 | 8799.25 | 8932.57 | 9065.90 | 9199.22 |
| 70 | 9332.54 | 9465.86 | 9599.18 | 9732.51 | 9865.83 | 9999.15 | 10132.5 | 10265.8 | 10399.1 | 10532.4 |
| 80 | 10665.8 | 10799.1 | 10932.4 | 11065.7 | 11199.0 | 11332.4 | 11465.7 | 11599.0 | 11732.3 | 11865.7 |
| 90 | 11999.0 | 12132.3 | 12265.6 | 12398.9 | 12532.3 | 12665.6 | 12798.6 | 12932.2 | 13065.6 | 13198.9 |

注：1 毫米汞柱 = 133.322 牛顿/米²。

40. 瓦特·小时数化为焦耳数的换算表

表 1—42

| 千瓦·小时 (kW·h) | 千瓦·小时(kW·h) | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 焦耳(J)×10 ⁻⁶ | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 3.6 | 7.2 | 10.8 | 14.4 | 18.0 | 21.6 | 25.2 | 28.8 | 32.4 |
| 10 | 36.0 | 39.6 | 43.2 | 46.8 | 50.4 | 54.0 | 57.6 | 61.2 | 64.8 | 68.4 |
| 20 | 72.0 | 75.6 | 79.2 | 82.8 | 86.4 | 90.0 | 93.6 | 97.2 | 100.8 | 104.4 |
| 30 | 108.0 | 111.6 | 115.2 | 118.8 | 122.4 | 126.0 | 129.6 | 133.2 | 136.8 | 140.4 |
| 40 | 144.0 | 147.6 | 151.2 | 154.8 | 158.4 | 162.0 | 165.6 | 169.2 | 172.8 | 176.4 |
| 50 | 180.0 | 183.6 | 187.2 | 190.8 | 194.4 | 198.0 | 201.6 | 205.2 | 208.8 | 212.4 |
| 60 | 216.0 | 219.6 | 223.2 | 226.8 | 230.4 | 234.0 | 237.6 | 241.2 | 244.8 | 248.4 |
| 70 | 252.0 | 255.6 | 259.2 | 262.8 | 266.4 | 270.0 | 273.6 | 277.2 | 280.8 | 284.4 |
| 80 | 288.0 | 291.6 | 295.2 | 298.8 | 302.4 | 306.0 | 309.6 | 313.2 | 316.8 | 320.4 |
| 90 | 324.0 | 327.6 | 331.2 | 334.8 | 338.4 | 342.0 | 345.6 | 349.2 | 352.8 | 356.4 |

注：1 千瓦·小时 = 3.6×10^6 焦耳，表中数据乘 10^6 得到功、能的焦耳数。

41. 卡(千卡)数化为焦耳(千焦)数的换算表

表 1—43

| 卡 (cal) | 卡(cal) | | | | | | | | | |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 焦耳(J) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 4.1868 | 8.3736 | 12.5604 | 16.7472 | 20.9340 | 25.1208 | 29.3076 | 33.4944 | 37.6812 |
| 10 | 41.8689 | 46.0548 | 50.2416 | 54.4284 | 58.6152 | 62.8020 | 66.9888 | 71.1756 | 75.3624 | 79.5492 |
| 20 | 83.7369 | 87.9228 | 92.1096 | 96.2964 | 100.483 | 104.670 | 108.857 | 113.044 | 117.230 | 121.417 |
| 30 | 125.604 | 129.791 | 133.978 | 138.164 | 142.351 | 146.538 | 150.725 | 154.912 | 159.098 | 163.285 |
| 40 | 167.472 | 171.659 | 175.846 | 180.032 | 184.219 | 188.406 | 192.593 | 196.780 | 200.966 | 205.153 |
| 50 | 209.340 | 213.527 | 217.714 | 221.900 | 226.087 | 230.274 | 234.461 | 238.648 | 242.834 | 247.021 |
| 60 | 251.208 | 255.395 | 259.582 | 263.768 | 267.955 | 272.142 | 276.329 | 280.516 | 284.702 | 288.889 |
| 70 | 293.076 | 297.263 | 301.450 | 305.636 | 309.823 | 314.010 | 318.197 | 322.384 | 326.570 | 330.757 |
| 80 | 334.944 | 339.131 | 343.318 | 347.504 | 351.691 | 355.878 | 360.065 | 364.252 | 368.438 | 372.625 |
| 90 | 376.812 | 380.999 | 385.186 | 389.372 | 393.559 | 397.746 | 401.933 | 406.120 | 410.306 | 414.493 |

注: 1卡 = 4.1868焦耳, 1千卡/千克 = 4.1868千焦/千克, 1千卡/千克·度 = 4.1868千焦/千克·开, 1千卡/度 = 4.1868千焦/开。

42. 千卡/时 化为瓦数的换算表

表 1-44

| 千卡 小时 ($\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$) | 千卡/小时(kcal/h) | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 瓦(W) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1.163 | 2.326 | 3.489 | 4.652 | 5.815 | 6.978 | 8.141 | 9.304 | 10.467 |
| 10 | 11.630 | 12.793 | 13.956 | 15.119 | 16.282 | 17.445 | 18.608 | 19.771 | 20.934 | 22.097 |
| 20 | 23.260 | 24.423 | 25.586 | 26.749 | 27.912 | 29.075 | 30.238 | 31.401 | 32.564 | 33.727 |
| 30 | 34.890 | 36.053 | 37.216 | 38.379 | 39.542 | 40.705 | 41.868 | 43.031 | 44.194 | 45.357 |
| 40 | 46.520 | 47.683 | 48.846 | 50.009 | 51.172 | 52.335 | 53.498 | 54.661 | 55.824 | 56.987 |
| 50 | 58.150 | 59.313 | 60.476 | 61.639 | 62.802 | 63.965 | 65.128 | 66.291 | 67.454 | 68.617 |
| 60 | 69.780 | 70.943 | 72.106 | 73.269 | 74.432 | 75.595 | 76.758 | 77.921 | 79.084 | 80.247 |
| 70 | 81.410 | 82.573 | 83.736 | 84.899 | 86.062 | 87.225 | 88.388 | 89.551 | 90.714 | 91.877 |
| 80 | 93.040 | 94.203 | 95.366 | 96.529 | 97.692 | 98.855 | 100.018 | 101.181 | 102.344 | 103.507 |
| 90 | 104.670 | 105.833 | 106.996 | 108.159 | 109.322 | 110.485 | 111.648 | 112.811 | 113.974 | 115.137 |

注: 1千卡/小时=1.163瓦, 1千卡/(米²·时)=1.163瓦/米², 1千卡/(米·时·度)=1.163瓦/(米·开), 1千卡/(米²·时·度)=1.163瓦/(米²·开)。

43. 磅力/英寸²数化为帕斯卡数的换算表

表 1—45

| 磅力 英寸 ² ($\frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$) | 磅力/英寸 ² (lbf/in ²) | | | | | | | | | |
|---|---|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 帕斯卡(Pa) × 10 ⁻⁵ 牛顿/米 ² (N/m ²) × 10 ⁻⁵ | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0.068895 | 0.13790 | 0.20684 | 0.27579 | 0.34474 | 0.41369 | 0.48263 | 0.55158 | 0.62053 |
| 10 | 0.68948 | 0.75842 | 0.82737 | 0.89632 | 0.96527 | 1.03421 | 1.10316 | 1.17211 | 1.24106 | 1.31000 |
| 20 | 1.37895 | 1.44790 | 1.51685 | 1.58579 | 1.65474 | 1.72369 | 1.79264 | 1.86159 | 1.93053 | 1.99948 |
| 30 | 2.06843 | 2.13738 | 2.20632 | 2.27527 | 2.34422 | 2.41317 | 2.48211 | 2.55106 | 2.62001 | 2.68896 |
| 40 | 2.75790 | 2.82685 | 2.89580 | 2.96475 | 3.03369 | 3.10264 | 3.17159 | 3.24054 | 3.30948 | 3.37843 |
| 50 | 3.44738 | 3.51633 | 3.58528 | 3.65422 | 3.72317 | 3.79212 | 3.86107 | 3.93001 | 3.99896 | 4.06791 |
| 60 | 4.13686 | 4.20580 | 4.27475 | 4.34370 | 4.41265 | 4.48159 | 4.55054 | 4.61949 | 4.68844 | 4.75738 |
| 70 | 4.82633 | 4.89528 | 4.96423 | 5.03317 | 5.10212 | 5.17107 | 5.24002 | 5.30897 | 5.37791 | 5.44686 |
| 80 | 5.51581 | 5.58476 | 5.65370 | 5.72265 | 5.79160 | 5.86055 | 5.92949 | 5.99844 | 6.06739 | 6.13634 |
| 90 | 6.20528 | 6.27423 | 6.34318 | 6.41213 | 6.48107 | 6.55002 | 6.61897 | 6.68792 | 6.75686 | 6.82581 |

注：表中数据乘10⁻⁵得到压力的帕斯卡（牛顿/米²）数。

44. 英热单位数化为焦耳数的换算表

表 1-48

| 英热单位 (Btu) | 英热单位(Btu) | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 焦耳(J) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1055.06 | 2110.12 | 3165.18 | 4220.24 | 5275.30 | 6330.36 | 7385.42 | 8440.48 | 9495.54 |
| 10 | 10550.60 | 11605.66 | 12660.72 | 13715.78 | 14770.84 | 15825.90 | 16880.96 | 17936.02 | 18991.08 | 20046.14 |
| 20 | 21101.20 | 22156.26 | 23211.32 | 24266.38 | 25321.44 | 26376.50 | 27431.56 | 28486.62 | 29541.68 | 30596.74 |
| 30 | 31651.80 | 32706.86 | 33761.92 | 34816.98 | 35872.04 | 36927.10 | 37982.16 | 39037.22 | 40092.28 | 41147.34 |
| 40 | 42202.40 | 43257.46 | 44312.52 | 45367.58 | 46422.64 | 47477.70 | 48532.76 | 49587.82 | 50642.88 | 51697.94 |
| 50 | 52753.00 | 53808.06 | 54863.12 | 55918.18 | 56973.24 | 58028.30 | 59083.36 | 60138.42 | 61193.48 | 62248.54 |
| 60 | 63303.60 | 64358.66 | 65413.72 | 66468.78 | 67523.84 | 68578.90 | 69633.96 | 70689.02 | 71744.08 | 72799.14 |
| 70 | 73854.20 | 74909.26 | 75964.32 | 77019.38 | 78074.44 | 79129.50 | 80184.56 | 81239.62 | 82294.68 | 83349.74 |
| 80 | 84404.80 | 85459.86 | 86514.92 | 87569.98 | 88625.04 | 89680.10 | 90735.16 | 91790.22 | 92845.28 | 93900.34 |
| 90 | 94955.40 | 96010.46 | 97065.52 | 98120.58 | 99175.64 | 100230.70 | 101285.76 | 102340.82 | 103395.88 | 104450.94 |

注: 1英热单位 = 1055.06焦耳(准确值)。

45. 英热单位/磅数化为焦耳/千克数的换算表

表 1—47

| 英热单位 磅 (Btu lb) | 英热单位/磅 (Btu/lb) | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 焦耳/千克 (J/kg) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 2326 | 4652 | 6978 | 9304 | 11630 | 13956 | 16282 | 18608 | 20934 |
| 10 | 23260 | 25586 | 27912 | 30238 | 32564 | 34890 | 37216 | 39542 | 41868 | 44194 |
| 20 | 46520 | 48846 | 51172 | 53498 | 55824 | 58150 | 60476 | 62802 | 65128 | 67454 |
| 30 | 69780 | 72106 | 74432 | 76758 | 79084 | 81410 | 83736 | 86062 | 88388 | 90714 |
| 40 | 93040 | 95366 | 97692 | 100018 | 102344 | 104670 | 106996 | 109322 | 111648 | 113974 |
| 50 | 116300 | 118626 | 120952 | 123278 | 125604 | 127930 | 130256 | 132582 | 134908 | 137234 |
| 60 | 139560 | 141886 | 144212 | 146538 | 148864 | 151190 | 153516 | 155842 | 158168 | 160494 |
| 70 | 162820 | 165146 | 167472 | 169798 | 172124 | 174450 | 176776 | 179102 | 181428 | 183754 |
| 80 | 186080 | 188406 | 190732 | 193058 | 195384 | 197710 | 200036 | 202362 | 204688 | 207014 |
| 90 | 209340 | 211666 | 213992 | 216318 | 218644 | 220970 | 223296 | 225622 | 227948 | 230274 |

注: 1 Btu/lb = 2326 J/kg (准确值)。

46. 英热单位/(英尺³·时) 数化为瓦/米³ 数的换算表

表 1—48

| 英热单位 英尺 ³ ·时 ($\frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3 \cdot \text{h}}$) | 英热单位/(英尺 ³ ·时)Btu/(ft ³ ·h) | | | | | | | | | |
|---|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 瓦/米 ³ (W/m ³) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 10.3497 | 20.6994 | 31.0491 | 41.3988 | 51.7485 | 62.0982 | 72.4479 | 82.7976 | 93.1473 |
| 10 | 103.497 | 113.847 | 124.196 | 134.546 | 144.896 | 155.246 | 165.595 | 175.945 | 186.295 | 196.644 |
| 20 | 206.994 | 217.344 | 227.693 | 238.043 | 248.393 | 258.743 | 269.092 | 279.442 | 289.792 | 300.141 |
| 30 | 310.491 | 320.841 | 331.190 | 341.540 | 351.890 | 362.240 | 372.589 | 382.939 | 393.289 | 403.638 |
| 40 | 413.988 | 424.338 | 434.687 | 445.037 | 455.387 | 465.737 | 476.086 | 486.436 | 496.786 | 507.135 |
| 50 | 517.485 | 527.835 | 538.184 | 548.534 | 558.884 | 569.234 | 579.583 | 589.933 | 600.283 | 610.632 |
| 60 | 620.982 | 631.332 | 641.681 | 652.031 | 662.381 | 672.731 | 683.080 | 693.430 | 703.780 | 714.129 |
| 70 | 724.479 | 734.829 | 745.178 | 755.528 | 765.878 | 776.228 | 786.577 | 796.927 | 807.277 | 817.626 |
| 80 | 827.976 | 838.326 | 848.675 | 859.025 | 869.375 | 879.725 | 890.074 | 900.424 | 910.774 | 921.123 |
| 90 | 931.473 | 941.823 | 952.172 | 962.522 | 972.872 | 983.222 | 993.571 | 1003.921 | 1014.27 | 1024.62 |

47. 英热单位/(英尺·时·°F) 数化为瓦/(米·开) 数的换算表

表 1—49

| 英热单位 英尺·时·°F | 英热单位/(英尺·时·°F) Btu/(ft·h·°F) | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ($\frac{\text{Btu}}{\text{ft}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{F}}$) | 瓦/(米·开) W/(m·K) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1.73074 | 3.46148 | 5.19222 | 6.92296 | 8.65370 | 10.3844 | 12.1152 | 13.8459 | 15.5767 |
| 10 | 17.3074 | 19.0381 | 20.7689 | 22.4996 | 24.2304 | 25.9611 | 27.6918 | 29.4226 | 31.1533 | 32.8841 |
| 20 | 34.6148 | 36.3455 | 38.0763 | 39.8070 | 41.5378 | 43.2685 | 44.9992 | 46.7300 | 48.4607 | 50.1915 |
| 30 | 51.9222 | 53.6529 | 55.3837 | 57.1144 | 58.8452 | 60.5759 | 62.3066 | 64.0374 | 65.7681 | 67.4989 |
| 40 | 69.2296 | 70.9603 | 72.6911 | 74.4218 | 76.1526 | 77.8833 | 79.6140 | 81.3448 | 83.0755 | 84.8063 |
| 50 | 86.5370 | 88.2677 | 89.9985 | 91.7292 | 93.4600 | 95.1907 | 96.9214 | 98.6522 | 100.383 | 102.114 |
| 60 | 103.844 | 105.575 | 107.306 | 109.037 | 110.767 | 112.498 | 114.229 | 115.960 | 117.690 | 119.421 |
| 70 | 121.152 | 122.883 | 124.613 | 126.344 | 128.075 | 129.806 | 131.536 | 133.267 | 134.998 | 136.728 |
| 80 | 138.459 | 140.190 | 141.921 | 143.651 | 145.382 | 147.113 | 148.844 | 150.574 | 152.305 | 154.036 |
| 90 | 155.767 | 157.497 | 159.228 | 160.959 | 162.690 | 164.420 | 166.151 | 167.882 | 169.613 | 171.343 |

48. 英热单位/(英尺²·时·°F) 数化为瓦/(米²·开) 数的换算表

表 1—50

| 英热单位 英尺 ² ·时·°F | 英热单位/(英尺 ² ·时·°F) Btu/(ft ² ·h·°F) | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 瓦/(米 ² ·开) W/(m ² ·K) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 5.67827 | 11.3565 | 17.0348 | 22.7131 | 28.3914 | 34.0696 | 39.7479 | 45.4262 | 51.1044 |
| 10 | 56.7827 | 62.4610 | 68.1392 | 73.8175 | 79.4958 | 85.1741 | 90.8523 | 96.5306 | 102.209 | 107.887 |
| 20 | 113.565 | 119.244 | 124.922 | 130.600 | 136.278 | 141.957 | 147.635 | 153.313 | 158.992 | 164.670 |
| 30 | 170.348 | 176.026 | 181.705 | 187.383 | 193.061 | 198.739 | 204.418 | 210.096 | 215.774 | 221.453 |
| 40 | 227.131 | 232.809 | 238.487 | 244.166 | 249.844 | 255.522 | 261.200 | 266.879 | 272.557 | 278.235 |
| 50 | 283.914 | 289.592 | 295.270 | 300.948 | 306.627 | 312.305 | 317.983 | 323.661 | 329.340 | 335.018 |
| 60 | 340.696 | 346.374 | 352.053 | 357.731 | 363.409 | 369.088 | 374.766 | 380.444 | 386.122 | 391.801 |
| 70 | 397.479 | 403.157 | 408.835 | 414.514 | 420.192 | 425.870 | 431.549 | 437.227 | 442.905 | 448.583 |
| 80 | 454.262 | 459.940 | 465.618 | 471.296 | 476.975 | 482.653 | 488.331 | 494.009 | 499.688 | 505.366 |
| 90 | 511.044 | 516.723 | 522.401 | 528.079 | 533.757 | 539.436 | 545.114 | 550.792 | 556.470 | 562.149 |

49. 英热单位数化为千卡数的换算表

表 1—51

| 英热单位 (Btu) | 英热单位(Btu) | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 千卡(kcal) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0.252 | 0.504 | 0.756 | 1.008 | 1.260 | 1.512 | 1.764 | 2.015 | 2.268 |
| 10 | 2.520 | 2.772 | 3.024 | 3.276 | 3.528 | 3.780 | 4.032 | 4.284 | 4.536 | 4.788 |
| 20 | 5.040 | 5.292 | 5.544 | 5.796 | 6.048 | 6.300 | 6.552 | 6.804 | 7.056 | 7.308 |
| 30 | 7.560 | 7.812 | 8.064 | 8.316 | 8.568 | 8.820 | 9.072 | 9.324 | 9.576 | 9.828 |
| 40 | 10.080 | 10.332 | 10.584 | 10.836 | 11.088 | 11.340 | 11.592 | 11.844 | 12.096 | 12.348 |
| 50 | 12.600 | 12.852 | 13.104 | 13.356 | 13.608 | 13.860 | 14.112 | 14.364 | 14.616 | 14.868 |
| 60 | 15.120 | 15.372 | 15.624 | 15.876 | 16.128 | 16.380 | 16.632 | 16.884 | 17.136 | 17.388 |
| 70 | 17.640 | 17.892 | 18.144 | 18.396 | 18.648 | 18.900 | 19.152 | 19.404 | 19.656 | 19.908 |
| 80 | 20.160 | 20.412 | 20.664 | 20.916 | 21.168 | 21.420 | 21.672 | 21.924 | 22.176 | 22.428 |
| 90 | 22.680 | 22.932 | 23.184 | 23.436 | 23.688 | 23.940 | 24.192 | 24.444 | 24.696 | 24.948 |

50. 英热单位/磅数化为千卡/千克数的换算表

表 1—52

| 英热单位 磅 | 英热单位/磅(Btu/lb) | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ($\frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$) | 千卡/千克(kcal/kg) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0.55556 | 1.11111 | 1.66667 | 2.22222 | 2.77778 | 3.33333 | 3.88889 | 4.44444 | 5.00000 |
| 10 | 5.55556 | 6.11111 | 6.66667 | 7.22222 | 7.77778 | 8.33333 | 8.88889 | 9.44445 | 10.0000 | 10.5556 |
| 20 | 11.1111 | 11.6667 | 12.2222 | 12.7778 | 13.3333 | 13.8889 | 14.4444 | 15.0000 | 15.5556 | 16.1111 |
| 30 | 16.6667 | 17.2222 | 17.7778 | 18.3333 | 18.8889 | 19.4444 | 20.0000 | 20.5556 | 21.1111 | 21.6667 |
| 40 | 22.2222 | 22.7778 | 23.3333 | 23.8889 | 24.4444 | 25.0000 | 25.5556 | 26.1111 | 26.6667 | 27.2222 |
| 50 | 27.7778 | 28.3333 | 28.8889 | 29.4444 | 30.0000 | 30.5556 | 31.1111 | 31.6667 | 32.2222 | 32.7778 |
| 60 | 33.3333 | 33.8889 | 34.4444 | 35.0000 | 35.5556 | 36.1111 | 36.6667 | 37.2222 | 37.7778 | 38.3333 |
| 70 | 38.8889 | 39.4444 | 40.0000 | 40.5556 | 41.1111 | 41.6667 | 42.2222 | 42.7778 | 43.3333 | 43.8889 |
| 80 | 44.4444 | 45.0000 | 45.5556 | 46.1111 | 46.6667 | 47.2222 | 47.7773 | 48.3333 | 48.8889 | 49.4444 |
| 90 | 50.0000 | 50.5556 | 51.1111 | 51.6667 | 52.2222 | 52.7778 | 53.3333 | 53.8889 | 54.4444 | 55.0000 |

51. 英热单位/(英尺³·时)数化为千卡/(米³·时)数的换算表

表 1—53

| 英热单位 英尺 ³ ·时 | 英热单位/(英尺 ³ ·时)Btu/(ft ³ ·h) | | | | | | | | | |
|---|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ($\frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3 \cdot \text{h}}$) | 千卡/(米 ³ ·时)kcal/(m ³ ·h) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 8.89315 | 17.7983 | 26.6974 | 35.5965 | 44.4957 | 53.3948 | 62.2939 | 71.1930 | 80.0922 |
| 10 | 88.9915 | 97.8904 | 106.790 | 115.689 | 124.588 | 133.487 | 142.386 | 151.285 | 160.184 | 169.083 |
| 20 | 177.983 | 186.882 | 195.781 | 204.680 | 213.579 | 222.478 | 231.377 | 240.277 | 249.176 | 258.075 |
| 30 | 266.974 | 275.873 | 284.772 | 293.671 | 302.570 | 311.470 | 320.369 | 329.268 | 338.167 | 347.066 |
| 40 | 355.965 | 364.864 | 373.763 | 382.663 | 391.562 | 400.461 | 409.360 | 418.259 | 427.158 | 436.057 |
| 50 | 444.957 | 453.856 | 462.755 | 471.654 | 480.553 | 489.452 | 498.351 | 507.250 | 516.150 | 525.049 |
| 60 | 533.948 | 542.847 | 551.746 | 560.645 | 569.544 | 578.443 | 587.343 | 596.242 | 605.141 | 614.040 |
| 70 | 622.939 | 631.838 | 640.737 | 649.636 | 658.536 | 667.435 | 676.334 | 685.233 | 694.132 | 703.031 |
| 80 | 711.930 | 720.830 | 729.729 | 738.628 | 747.527 | 756.426 | 765.325 | 774.224 | 783.123 | 792.023 |
| 90 | 800.922 | 809.821 | 818.720 | 827.619 | 836.518 | 845.417 | 854.316 | 863.216 | 872.115 | 881.014 |

52. 英热单位/(英尺·时·°F) 数化为千卡/(米·时·°C) 数的换算表

表 1-54

| 英热单位 英尺·时·°F | 英热单位/(英尺·时·°F) Btu/(ft·h·°F) | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ($\frac{\text{Btu}}{\text{ft}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{F}}$) | 千卡/(米·时·°C) kcal/(m·h·°C) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1.488 | 2.976 | 4.465 | 5.953 | 7.441 | 8.929 | 10.417 | 11.905 | 13.394 |
| 10 | 14.882 | 16.370 | 17.858 | 19.346 | 20.834 | 22.323 | 23.811 | 25.299 | 26.787 | 28.275 |
| 20 | 29.763 | 31.252 | 32.740 | 34.228 | 35.716 | 37.204 | 38.692 | 40.181 | 41.669 | 43.157 |
| 30 | 44.645 | 46.133 | 47.621 | 49.110 | 50.598 | 52.086 | 53.574 | 55.062 | 56.550 | 58.039 |
| 40 | 59.527 | 61.015 | 62.503 | 63.991 | 65.479 | 66.968 | 68.456 | 69.944 | 71.432 | 72.920 |
| 50 | 74.409 | 75.897 | 77.385 | 78.873 | 80.361 | 81.849 | 83.338 | 84.826 | 86.314 | 87.802 |
| 60 | 89.290 | 90.778 | 92.267 | 93.755 | 95.243 | 96.731 | 98.219 | 99.707 | 101.196 | 102.684 |
| 70 | 104.172 | 105.660 | 107.148 | 108.636 | 110.125 | 111.613 | 113.101 | 114.589 | 116.077 | 117.565 |
| 80 | 119.054 | 120.542 | 122.030 | 123.518 | 125.006 | 126.494 | 127.983 | 129.471 | 130.959 | 132.447 |
| 90 | 133.935 | 135.423 | 136.912 | 138.400 | 139.888 | 141.376 | 142.864 | 144.352 | 145.841 | 147.329 |

53. 英热单位/(英尺²·时·°F) 数化为千卡/(米²·时·°C) 数的换算表

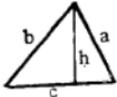
表 1—55

| 英热单位 英尺 ² ·时·°F | 英热单位/(英尺 ² ·时·°F) Btu/(ft ² ·h·°F) | | | | | | | | | |
|--|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ($\frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F}}$) | 千卡/(米 ² ·时·°C) kcal/(m ² ·h·°C) | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 4.88243 | 9.76486 | 14.6473 | 19.5297 | 24.4122 | 29.2946 | 34.1770 | 39.0594 | 43.9419 |
| 10 | 48.8243 | 53.7067 | 58.5892 | 63.4716 | 68.3540 | 73.2365 | 78.1189 | 83.0013 | 87.8837 | 92.7662 |
| 20 | 97.6486 | 102.531 | 107.413 | 112.296 | 117.178 | 122.061 | 126.943 | 131.826 | 136.708 | 141.590 |
| 30 | 146.473 | 151.355 | 156.238 | 161.120 | 166.003 | 170.885 | 175.767 | 180.650 | 185.532 | 190.415 |
| 40 | 195.297 | 200.180 | 205.062 | 209.944 | 214.827 | 219.709 | 224.592 | 229.474 | 234.357 | 239.239 |
| 50 | 244.122 | 249.004 | 253.886 | 258.769 | 263.651 | 268.534 | 273.416 | 278.299 | 283.181 | 288.063 |
| 60 | 292.946 | 297.828 | 302.711 | 307.593 | 312.476 | 317.358 | 322.240 | 327.123 | 332.005 | 336.888 |
| 70 | 341.770 | 346.653 | 351.535 | 356.417 | 361.300 | 366.182 | 371.065 | 375.947 | 380.830 | 385.712 |
| 80 | 390.594 | 395.477 | 400.359 | 405.242 | 410.124 | 415.007 | 419.889 | 424.771 | 429.654 | 434.536 |
| 90 | 439.419 | 444.301 | 449.184 | 454.066 | 458.948 | 463.831 | 468.713 | 473.596 | 478.478 | 483.361 |

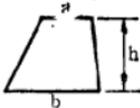
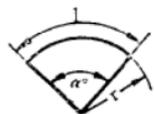
二、数学数值

1. 平面图形的面积

表 1—56

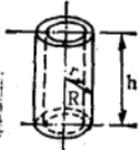
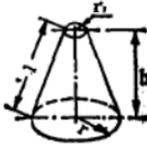
| 名 称 | 简 图 | 计 算 公 式 |
|-----------|--|---------------------|
| 三 角 形 |  <p>A diagram of a triangle with a vertical line segment from the top vertex to the base, representing the height. The base is labeled 'c', the height is labeled 'h', the left side is labeled 'b', and the right side is labeled 'a'.</p> | $A = \frac{1}{2}ch$ |
| 平 行 四 边 形 |  <p>A diagram of a parallelogram with a horizontal base labeled 'a'. A vertical line segment on the right side represents the height, labeled 'h'.</p> | $A = a \times h$ |

(续)

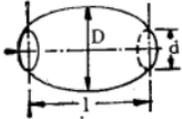
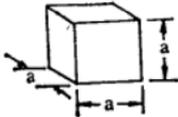
| 名称 | 简图 | 计算公式 |
|---------|---|---|
| 梯 形 |  | $A = \frac{a+b}{2} \times h$ |
| 正多(n)边形 |  | $A = n \times \frac{a \times h}{2}$ |
| 扇 形 |  | $A = \frac{1}{2} r l = 0.008727 \alpha r^2$ |
| 圆 |  | $A = \pi r^2 = 0.785 d^2$ |

2. 多面体的体积和表面积

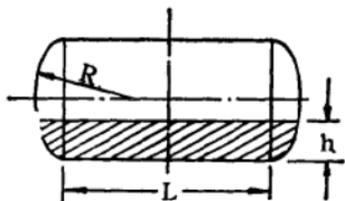
表 1—57

| 名 称 | 简 图 | 表 面 积 S 侧 面 积 | 体 积 V |
|---------|---|---|--|
| 空心圆柱(管) |  | $S = \text{内侧面面积} + \text{外侧面面积}$ $= 2\pi h(R+r)$ | $V = \pi h(R^2 - r^2)$ |
| 球 |  | $S = 4\pi r^2 = \pi d^2$ | $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{\pi d^3}{6}$ |
| 截头圆锥 |  | $S = \pi l(r+r_1)$ | $V = (r^2 + r_1^2 + rr_1) \frac{\pi h}{3}$ |

(续)

| 名称 | 简图 | 表面积 侧面积 积 S | 体 积 V |
|-----|---|-------------------|---|
| 桶形 |  | | <p>对于抛物线形桶板:</p> $V = \frac{\pi l}{15} (2D^2 + Dd + \frac{3}{4}d^2)$ <p>对于圆形桶板:</p> $V = \frac{1}{12} \pi l (2D^2 + d^2)$ |
| 立方体 |  | $S = 6a^2$ | $V = a^3$ |

3. 貯罐内液体的体积计算



貯罐内液体在圆柱部分的体积：

$$V_1 = \frac{\pi d^2}{4} L k$$

貯罐内液体在二端碟形部分的体积：

$$V_2 = 0.2155 h^2 (1.5d - h)$$

貯罐内液体总体积：

$$V = V_1 + V_2$$

式中： L ——圆柱体长度。

d ——圆柱体内径。

k ——系数，决定于 h 和 d 的比例，见表（1—58）。

h ——貯罐内液体高度。

表 1—58

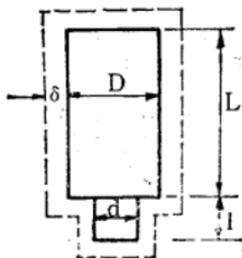
| h/d | k | h/d | k | h/d | k | h/d | k |
|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 0.02 | 0.005 | 0.28 | 0.229 | 0.54 | 0.551 | 0.80 | 0.858 |
| 0.04 | 0.013 | 0.30 | 0.252 | 0.56 | 0.576 | 0.82 | 0.878 |
| 0.06 | 0.025 | 0.32 | 0.276 | 0.58 | 0.601 | 0.84 | 0.897 |
| 0.08 | 0.038 | 0.34 | 0.300 | 0.60 | 0.627 | 0.86 | 0.914 |
| 0.10 | 0.052 | 0.36 | 0.324 | 0.62 | 0.651 | 0.88 | 0.932 |
| 0.12 | 0.069 | 0.38 | 0.349 | 0.64 | 0.676 | 0.90 | 0.948 |
| 0.14 | 0.085 | 0.40 | 0.374 | 0.66 | 0.700 | 0.92 | 0.963 |
| 0.16 | 0.103 | 0.42 | 0.399 | 0.68 | 0.724 | 0.94 | 0.976 |
| 0.18 | 0.122 | 0.44 | 0.424 | 0.70 | 0.748 | 0.96 | 0.987 |
| 0.20 | 0.142 | 0.46 | 0.449 | 0.72 | 0.771 | 0.98 | 0.995 |
| 0.22 | 0.163 | 0.48 | 0.475 | 0.74 | 0.793 | 1.00 | 1.000 |
| 0.24 | 0.185 | 0.50 | 0.500 | 0.76 | 0.816 | | |
| 0.26 | 0.207 | 0.52 | 0.526 | 0.78 | 0.837 | | |

4. 贮罐外保温层材料的体积计算

$$V = \pi \delta \left[\frac{1}{2}(D + 2\delta)^2 + LD + \delta(L + l) + ld \right] \quad (1-1)$$

无油包时可化简为如下

$$V_1 = \pi \delta \left[\frac{1}{2}(D + 2\delta)^2 + L(D + \delta) \right] \quad (1-2)$$



式中： V ——保温层的体积（ m^3 ）。

L ——贮罐的长度（ m ）。

D ——贮罐的外径（ m ）。

l ——油包的长度（ m ）。

d ——油包的外径（ m ）。

δ ——保温层的厚度（ m ）。

5. 对数平均温差计算图 (顺流或逆流时)

$$\Delta t_m \equiv \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{1.15 \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$$

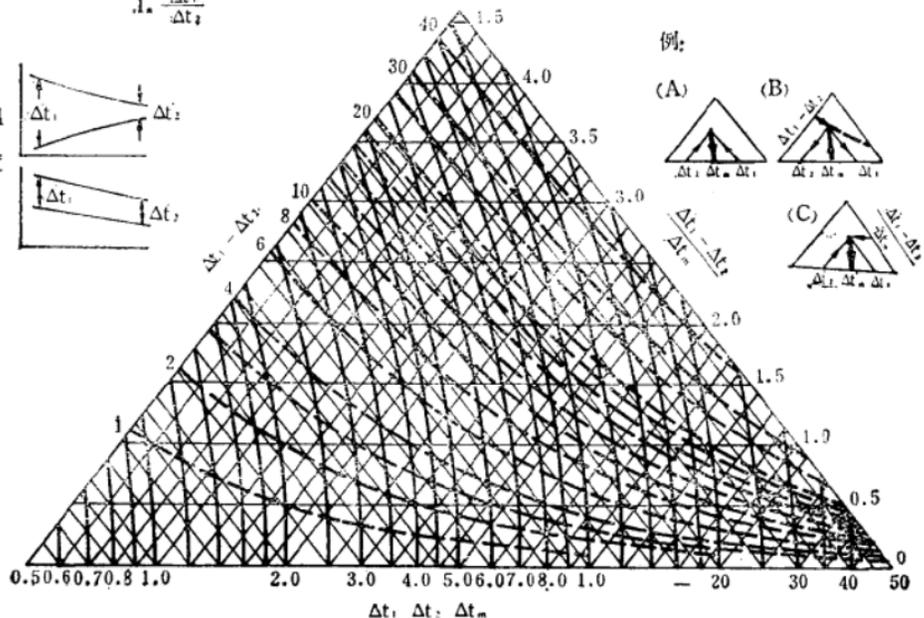
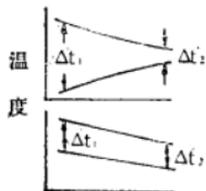


图 1-1 对数平均温差计算图

三、物理数值

1. 干空气在压力为101.325千帕时对传热有影响的物理参数

干空气在压力为101.325千帕时对传热有影响的物理参数

表 1—59

| 温 度 t 度 (℃) | 密 度 ρ 千克/米 ³ (kg/m ³) | 比 热 容 C _p 千焦/(千克·度) kJ/(kg·℃) | 热 导 率 $\lambda \cdot 10^2$ 瓦/(米·度) W/(m·℃) | 热扩散率 $a \cdot 10^6$ 米 ² /时 (m ² /h) | 动力粘度 $\eta \cdot 10^5$ 帕·秒 (Pa·s) | 运动粘度 $\nu \cdot 10^5$ 米 ² /秒 (m ² /s) | 普朗特数 Pr |
|----------------------|--|---|---|--|--|--|------------|
| -50 | 1.584 | 1.0132 | 2.035 | 4.57 | 1.4612 | 0.923 | 0.728 |
| -40 | 1.515 | 1.0132 | 2.117 | 4.96 | 1.5200 | 1.004 | 0.728 |
| -30 | 1.453 | 1.0132 | 2.198 | 5.37 | 1.5691 | 1.080 | 0.723 |
| -20 | 1.395 | 1.0090 | 2.280 | 5.83 | 1.6181 | 1.279 | 0.716 |
| -10 | 1.342 | 1.0090 | 2.361 | 6.28 | 1.6671 | 1.243 | 0.712 |
| 0 | 1.293 | 1.0048 | 2.442 | 6.77 | 1.7162 | 1.328 | 0.707 |
| 10 | 1.247 | 1.0048 | 2.512 | 7.22 | 1.7652 | 1.416 | 0.705 |
| 20 | 1.205 | 1.0048 | 2.594 | 7.71 | 1.8142 | 1.506 | 0.703 |
| 30 | 1.165 | 1.0048 | 2.675 | 8.23 | 1.8633 | 1.600 | 0.700 |
| 40 | 1.128 | 1.0048 | 2.756 | 8.75 | 1.9123 | 1.696 | 0.699 |
| 50 | 1.093 | 1.0048 | 5.000 | 9.26 | 1.9613 | 1.795 | 0.698 |

2. 空气的含热量值 h (-20—40℃)空气的含热量值 h (压力为101.325kPa)

表 1—60

| t ℃ | 含 热 量 h 千焦/千克(kJ/kg) | | | | | | | | | | |
|--------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 相 对 湿 度 φ (%) | | | | | | | | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| -20 | -20.097 | -19.929 | -19.720 | -19.511 | -19.343 | -19.176 | -18.966 | -18.757 | -18.589 | -18.380 | -18.213 |
| -19 | -18.841 | -18.883 | -18.673 | -18.464 | -18.255 | -18.045 | -17.878 | -17.668 | -17.479 | -17.208 | -17.040 |
| -18 | -18.087 | -17.878 | -17.626 | -17.417 | -17.208 | -16.999 | -16.747 | -16.538 | -16.287 | -16.077 | -15.868 |
| -17 | -17.082 | -16.831 | -16.580 | -16.370 | -16.161 | -15.868 | -15.617 | -15.366 | -15.114 | -14.905 | -14.654 |
| -16 | -16.077 | -15.826 | -15.533 | -15.282 | -15.031 | -14.738 | -14.486 | -14.235 | -13.942 | -13.691 | -13.440 |
| -15 | -15.073 | -14.779 | -14.485 | -14.193 | -13.816 | -13.640 | -13.356 | -13.063 | -12.770 | -12.477 | -12.184 |
| -14 | -14.068 | -13.775 | -13.440 | -13.147 | -12.812 | -12.519 | -12.184 | -11.891 | -11.556 | -11.263 | -10.928 |
| -13 | -13.063 | -12.728 | -12.393 | -12.060 | -11.723 | -11.346 | -11.011 | -10.676 | -10.341 | -10.007 | -9.672 |
| -12 | -12.058 | -11.681 | -11.304 | -10.969 | -10.593 | -10.216 | -9.839 | -9.462 | -9.085 | -8.750 | -8.374 |
| -11 | -11.053 | -10.635 | -10.258 | -9.839 | -9.462 | -9.044 | -8.667 | -8.248 | -7.829 | -7.453 | -7.034 |
| -10 | -10.048 | -9.672 | -9.253 | -8.876 | -8.457 | -8.031 | -7.704 | -7.285 | -6.908 | -6.490 | -6.113 |
| -9 | -9.044 | -8.625 | -8.164 | -7.746 | -7.327 | -6.908 | -6.448 | -6.029 | -5.610 | -5.150 | -4.731 |

(续)

| t | 含 热 量 h千焦/千克(kJ/kg) | | | | | | | | | | |
|----|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 相 对 湿 度 φ (%) | | | | | | | | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| -8 | -8.039 | -7.578 | -7.118 | -6.615 | -6.155 | -5.694 | -5.234 | -4.731 | -4.271 | -3.810 | -3.308 |
| -7 | -7.034 | -6.531 | -6.029 | -5.485 | -4.982 | -4.480 | -3.936 | -3.433 | -2.931 | -2.387 | -1.884 |
| -6 | -6.029 | -5.485 | -4.899 | -4.354 | -3.768 | -3.224 | -2.680 | -2.093 | -1.549 | -0.963 | -0.419 |
| -5 | -5.024 | -4.396 | -3.810 | -3.182 | -2.596 | -1.968 | -1.340 | -0.754 | -0.126 | 0.502 | 1.130 |
| -4 | -4.019 | -3.349 | -2.680 | -2.010 | -1.340 | -0.670 | 0.000 | 0.670 | 1.340 | 2.010 | 2.680 |
| -3 | -3.015 | -2.303 | -1.549 | -0.837 | -0.126 | 0.628 | 1.340 | 2.093 | 2.805 | 3.559 | 4.271 |
| -2 | -2.010 | -1.214 | -0.419 | 0.377 | 1.172 | 1.968 | 2.763 | 3.559 | 4.354 | 5.150 | 5.945 |
| -1 | -1.005 | -0.128 | 0.712 | 1.591 | 2.428 | 3.308 | 4.187 | 5.024 | 5.903 | 6.783 | 7.620 |
| 0 | 0.000 | 0.921 | 1.884 | 2.805 | 3.726 | 4.689 | 5.610 | 6.573 | 7.494 | 8.457 | 9.378 |
| 1 | 1.005 | 1.884 | 3.015 | 4.019 | 5.024 | 6.029 | 7.076 | 8.061 | 9.065 | 10.132 | 11.137 |
| 2 | 2.010 | 3.098 | 4.187 | 5.275 | 6.364 | 7.453 | 8.541 | 9.630 | 10.718 | 11.807 | 12.895 |
| 3 | 3.015 | 4.187 | 5.359 | 6.490 | 7.662 | 8.834 | 10.007 | 11.179 | 12.351 | 13.565 | 14.738 |
| 4 | 4.019 | 5.275 | 6.531 | 7.788 | 9.044 | 10.300 | 11.556 | 12.812 | 14.068 | 15.324 | 16.580 |

(续)

| t ℃ | 含 热 量 h千焦/千克 (kJ/kg) | | | | | | | | | | |
|--------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 相 对 湿 度 φ (%) | | | | | | | | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 5 | 5.021 | 6.364 | 7.704 | 9.044 | 10.383 | 11.765 | 13.105 | 14.445 | 15.826 | 17.166 | 18.548 |
| 6 | 6.029 | 7.453 | 8.918 | 10.341 | 11.807 | 13.230 | 14.696 | 16.161 | 17.585 | 19.050 | 20.515 |
| 7 | 7.034 | 8.583 | 10.132 | 11.681 | 13.230 | 14.779 | 16.329 | 17.878 | 19.469 | 21.018 | 22.567 |
| 8 | 8.039 | 9.713 | 11.346 | 13.021 | 14.695 | 16.329 | 18.003 | 19.678 | 21.352 | 23.069 | 24.744 |
| 9 | 9.044 | 10.802 | 12.602 | 14.361 | 16.161 | 17.920 | 19.720 | 21.520 | 23.321 | 25.121 | 26.921 |
| 10 | 10.048 | 11.932 | 13.816 | 15.742 | 17.668 | 19.552 | 21.478 | 23.404 | 25.330 | 27.256 | 29.224 |
| 11 | 11.053 | 13.063 | 15.114 | 17.166 | 19.176 | 21.227 | 23.279 | 25.330 | 27.424 | 29.475 | 31.569 |
| 12 | 12.058 | 14.235 | 16.412 | 18.539 | 20.767 | 22.944 | 25.163 | 27.332 | 29.553 | 31.778 | 33.997 |
| 13 | 13.063 | 15.366 | 17.710 | 20.013 | 22.358 | 24.702 | 27.047 | 29.391 | 31.778 | 34.164 | 36.551 |
| 14 | 14.068 | 16.538 | 19.050 | 21.520 | 24.032 | 26.502 | 29.015 | 31.527 | 34.081 | 36.635 | 39.147 |
| 15 | 15.073 | 17.710 | 20.348 | 23.027 | 25.707 | 28.387 | 31.066 | 33.746 | 36.425 | 39.147 | 41.868 |
| 16 | 16.077 | 18.883 | 21.730 | 24.577 | 27.424 | 30.271 | 33.159 | 36.048 | 38.895 | 41.784 | 44.799 |
| 17 | 17.082 | 20.097 | 23.111 | 26.126 | 29.182 | 32.238 | 35.295 | 38.393 | 41.491 | 44.380 | 47.730 |

(续)

| t | 含 热 量 h千焦/千克(kJ/kg) | | | | | | | | | | |
|----|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 相 对 湿 度 φ (%) | | | | | | | | | | |
| ℃ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 18 | 18.087 | 21.311 | 24.493 | 27.717 | 30.982 | 34.248 | 37.556 | 40.863 | 44.380 | 47.311 | 50.669 |
| 19 | 19.092 | 22.525 | 25.958 | 29.391 | 32.866 | 36.341 | 39.817 | 43.543 | 46.892 | 50.242 | 54.010 |
| 20 | 20.100 | 23.739 | 27.382 | 31.056 | 34.750 | 38.477 | 42.287 | 46.055 | 49.823 | 53.591 | 57.359 |
| 21 | 21.102 | 24.953 | 28.889 | 32.783 | 36.718 | 40.654 | 44.799 | 48.567 | 52.754 | 56.522 | 60.709 |
| 22 | 22.106 | 26.251 | 30.396 | 34.541 | 38.728 | 43.124 | 47.311 | 51.498 | 55.684 | 59.871 | 64.477 |
| 23 | 23.111 | 27.507 | 31.903 | 36.341 | 40.821 | 45.217 | 49.823 | 54.428 | 59.034 | 63.639 | 68.245 |
| 24 | 24.116 | 28.763 | 33.453 | 38.184 | 43.124 | 47.739 | 52.335 | 57.359 | 62.383 | 66.989 | 72.013 |
| 25 | 25.121 | 30.061 | 35.044 | 40.068 | 45.217 | 50.242 | 55.266 | 60.290 | 65.733 | 70.757 | 76.209 |
| 26 | 26.126 | 31.401 | 36.676 | 41.888 | 47.311 | 52.754 | 58.197 | 63.639 | 69.082 | 74.914 | 80.387 |
| 27 | 27.131 | 32.741 | 38.351 | 43.961 | 49.823 | 55.684 | 61.127 | 66.989 | 72.850 | 78.712 | 84.992 |
| 28 | 28.135 | 34.081 | 40.068 | 46.055 | 52.335 | 58.197 | 64.477 | 70.757 | 77.037 | 83.317 | 89.598 |
| 29 | 29.140 | 35.420 | 41.784 | 48.148 | 54.428 | 61.127 | 67.826 | 74.106 | 80.805 | 87.506 | 94.203 |
| 30 | 30.145 | 36.802 | 43.543 | 50.242 | 57.359 | 64.058 | 71.176 | 77.875 | 84.992 | 92.110 | 99.646 |

(续)

| t | 含 热 量 千焦/千克(kJ/kg) | | | | | | | | | | |
|----|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 相 对 湿 度 φ (%) | | | | | | | | | | |
| °C | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 31 | 31.150 | 38.226 | 45.218 | 52.754 | 59.871 | 66.989 | 74.525 | 82.061 | 89.598 | 97.134 | 104.670 |
| 32 | 32.155 | 39.649 | 47.311 | 54.847 | 62.383 | 70.338 | 78.293 | 86.248 | 94.203 | 102.158 | 110.532 |
| 33 | 33.160 | 41.073 | 48.986 | 57.359 | 65.314 | 73.688 | 82.061 | 90.435 | 98.809 | 107.008 | 116.393 |
| 34 | 34.164 | 42.705 | 51.079 | 59.453 | 68.245 | 77.037 | 85.829 | 94.622 | 103.833 | 113.044 | 122.255 |
| 35 | 35.169 | 43.951 | 53.172 | 61.965 | 71.176 | 80.805 | 90.016 | 99.646 | 109.276 | 118.905 | 128.535 |
| 36 | 36.174 | 45.636 | 55.266 | 64.895 | 74.525 | 84.155 | 94.203 | 104.251 | 114.718 | 124.767 | 135.234 |
| 37 | 37.179 | 47.311 | 57.359 | 67.408 | 77.456 | 87.922 | 98.809 | 109.276 | 120.161 | 131.047 | 142.351 |
| 38 | 38.184 | 48.567 | 59.453 | 69.920 | 80.805 | 92.110 | 103.414 | 114.718 | 125.023 | 137.746 | 149.469 |
| 39 | 39.189 | 50.242 | 61.546 | 72.850 | 84.573 | 96.296 | 108.019 | 120.161 | 132.722 | 144.863 | 157.424 |
| 40 | 40.193 | 51.916 | 63.839 | 75.781 | 88.342 | 100.48 | 113.044 | 126.023 | 139.002 | 152.340 | 165.797 |

3. 饱和空气的含湿量图

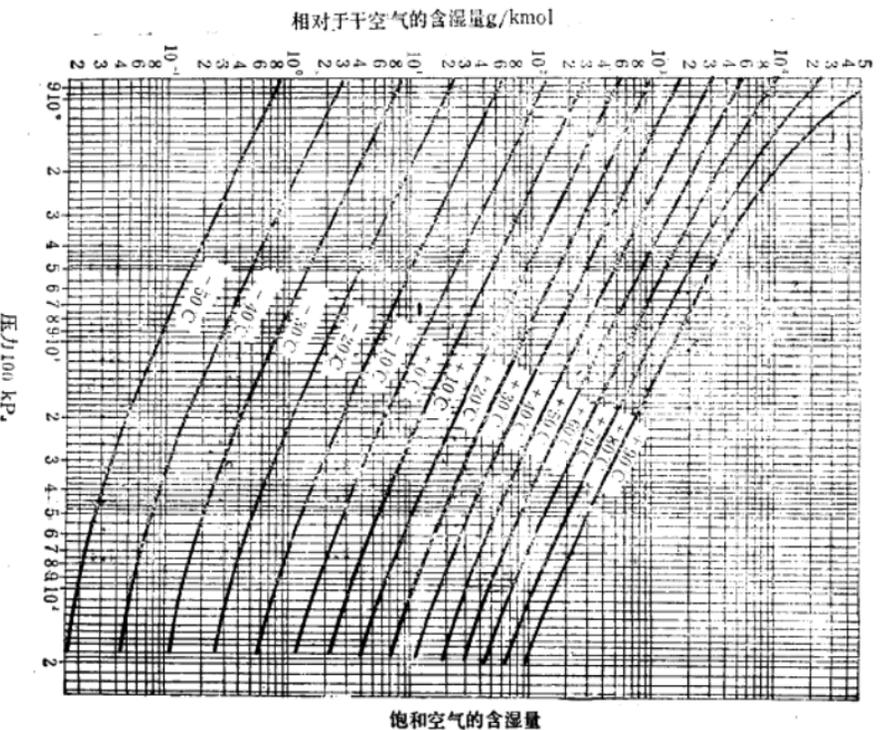


图1—2 饱和空气的含湿量图

注: * 1摩尔(mol)空气具有质量28.964g。

4. 相对湿度下的露点温度°C

表 1—61

| 空气温度(°C) | 露点空气的相对湿度(%) | | | | | | | | |
|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| +30 | +20.9 | +22.3 | +23.6 | +24.8 | +25.9 | +27.0 | +28.1 | +29.1 | +30.0 |
| 28 | 19 | 20.4 | 21.7 | 22.9 | 24.0 | 25.1 | 26.1 | 27.1 | 28.0 |
| 26 | 17.2 | 18.5 | 19.8 | 21.0 | 22.1 | 23.1 | 24.1 | 25.1 | 26.0 |
| 24 | 15.3 | 16.6 | 17.8 | 19.0 | 20.1 | 21.1 | 22.1 | 23.1 | 24.0 |
| 22 | 13.4 | 14.7 | 15.9 | 17.0 | 18.1 | 19.1 | 20.1 | 21.1 | 22.0 |
| +20 | 11.5 | 12.8 | 14.0 | 15.1 | 16.2 | 17.2 | 18.2 | 19.1 | 20.0 |
| 18 | 9.9 | 10.9 | 12.1 | 13.2 | 14.2 | 15.2 | 16.2 | 17.1 | 18.0 |
| 16 | 7.7 | 9.0 | 10.2 | 11.3 | 12.3 | 13.3 | 14.3 | 15.2 | 16.0 |
| 14 | 5.8 | 7.0 | 8.2 | 9.3 | 10.3 | 11.3 | 12.3 | 13.2 | 14.0 |
| 12 | 3.9 | 5.1 | 6.3 | 7.4 | 8.4 | 9.4 | 10.3 | 11.2 | 12.0 |
| +10 | 2.1 | 3.3 | 4.4 | 5.4 | 6.4 | 7.4 | 8.3 | 9.2 | 10.0 |
| 8 | + 0.3 | + 1.4 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.4 | 6.3 | 7.2 | 8.0 |
| 6 | -1.5 | - 0.4 | + 0.7 | + 1.7 | 2.7 | 3.6 | 4.4 | 5.2 | 6.0 |

(续)

| 空气温度(℃) | 露点空气的相对湿度(%) | | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 4 | - 3.2 | - 2.1 | - 1.1 | - 0.2 | + 0.7 | + 1.6 | 2.5 | 3.3 | 4.0 |
| 2 | - 4.9 | - 3.9 | - 3.0 | - 2.1 | - 1.2 | - 0.3 | + 0.5 | + 1.3 | 2.0 |
| ±0 | - 6.5 | - 5.5 | - 4.6 | - 3.7 | - 2.9 | - 2.1 | - 1.3 | - 0.6 | ± 0.0 |
| -2 | - 8.4 | - 7.4 | - 6.4 | - 5.6 | - 4.8 | - 4.0 | - 3.3 | - 2.6 | - 2.0 |
| -4 | -10.3 | - 9.3 | - 8.3 | - 7.5 | - 6.7 | - 6.0 | - 5.3 | - 4.6 | - 4.0 |
| -6 | -12.1 | -11.2 | -10.3 | - 9.5 | - 8.7 | - 8.0 | - 7.3 | - 6.6 | - 6.0 |
| -8 | -13.9 | -13.9 | -12.2 | -11.4 | -10.7 | -10.0 | - 9.3 | - 8.6 | - 8.0 |
| -10 | -15.4 | -14.8 | -14.1 | -13.3 | -12.6 | -11.9 | -11.2 | -10.6 | -10.0 |
| -12 | -17.7 | -16.7 | -15.9 | -15.1 | -14.4 | -13.8 | -13.2 | -12.6 | -12.0 |
| -14 | -19.8 | -18.8 | -17.9 | -17.1 | -16.4 | -15.8 | -15.2 | -14.6 | -14.0 |
| -16 | -21.9 | -20.9 | -20.0 | -19.2 | -18.5 | -17.8 | -17.1 | -16.5 | -16.0 |
| -18 | -24.1 | -23.0 | -22.2 | -21.4 | -20.9 | -19.8 | -19.1 | -18.5 | -18.0 |
| -20 | -26.2 | -25.2 | -24.2 | -23.4 | -22.6 | -21.6 | -21.1 | -20.5 | -20.0 |

5.湿空气的h—d图(80—40℃)(图1—3)见后。

6.湿空气的h—d图(0—75℃)(图1—4)见后。

7. 饱和水蒸汽压力图

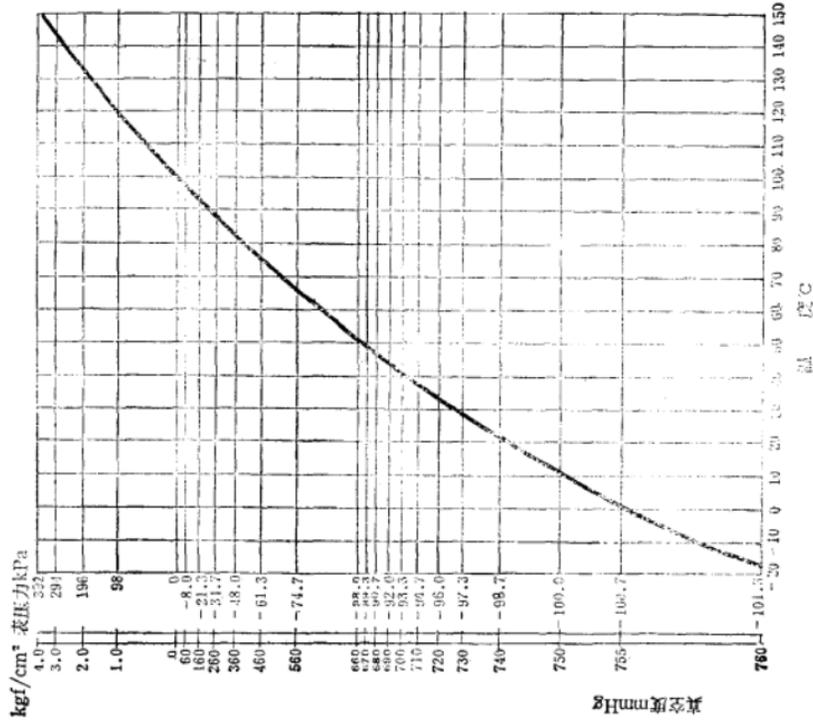


图 1—3 饱和水蒸汽压力图

8. 水对传热有影响的物理参数

表 1-62

| 温度 t 度 (°C) | 压力 p 千帕 (kPa) | 密度 ρ 千克/米 ³ (kg/m ³) | 比焓 h 千焦/千克 (kJ/kg) | 比热容 c_p 千焦/(千克·度) kJ/(kg·°C) | 热导率 $\lambda \cdot 10^2$ 瓦/(米·度) W/(m·°C) | 热扩散率 $a \cdot 10^4$ 米 ² /秒 (m ² /s) | 动力粘度 $\eta \cdot 10^5$ 帕·秒 (Pa·s) | 运动粘度 $\nu \cdot 10^6$ 米 ² /秒 (m ² /s) | 体积膨胀 系数 $\alpha_v \cdot 10^4$ 1/度 (1/°C) | 表面张力 $\sigma \cdot 10^4$ 牛/米 (N/m) | 普朗特数 Pr |
|----------------------|------------------------|---|-----------------------------|---|--|--|--|--|--|---|------------|
| 0 | 101.325 | 999.8 | 0.000 | 4.212 | 55.126 | 4.71 | 178.775 | 1.789 | -0.63 | 756.1 | 13.67 |
| 10 | 101.325 | 999.7 | 42.036 | 4.191 | 57.452 | 4.94 | 130.527 | 1.306 | 0.70 | 741.4 | 9.52 |
| 20 | 101.325 | 998.2 | 83.904 | 4.183 | 59.895 | 5.16 | 100.420 | 1.006 | 1.82 | 726.7 | 7.02 |
| 30 | 101.325 | 995.7 | 125.668 | 4.174 | 61.755 | 5.35 | 80.120 | 0.805 | 3.21 | 712.0 | 5.42 |
| 40 | 101.325 | 992.2 | 167.514 | 4.174 | 63.384 | 5.51 | 65.312 | 0.659 | 3.87 | 696.3 | 4.31 |
| 50 | 101.325 | 988.1 | 209.298 | 4.174 | 64.779 | 5.65 | 54.917 | 0.556 | 4.49 | 676.7 | 3.54 |

四、制图图例及其它

1. 制冷常用管线、管阀及小件设备图例

表 1—63

| 序号 | 符号 | 名称 | 序号 | 符号 | 名称 | 序号 | 符号 | 名称 |
|----|----|---------|----|----|-------|----|----|---------------|
| 1 | | 吸入管或回汽管 | 9 | | 盐水进管 | 17 | | 止回电磁阀 |
| 2 | | 排气管或热氨管 | 10 | | 盐水回管 | 18 | | 直通式截止阀 |
| 3 | | 液管 | 11 | | 变径 | 19 | | 节流阀 |
| 4 | | 排液管 | 12 | | 变径三通 | 20 | | 直角式截止阀 |
| 5 | | 放空气管 | 13 | | 伸缩弯 | 21 | | 电磁阀 |
| 6 | | 放油管 | 14 | | 吊点 | 22 | | 主阀 (液用常闭型) |
| 7 | | 安全管 | 15 | | 安全阀 | 23 | | 主阀 (气用常闭型) |
| 8 | | 均压管 | 16 | | 三通电磁阀 | 24 | | 主阀 (气用常开型) |

(续)

| 序号 | 符号 | 名称 | 序号 | 符号 | 名称 | 序号 | 符号 | 名称 |
|----|----|-----------------|----|----|-------------------|----|----|----------------------|
| 25 | | 电磁主阀 (液用常闭型) | 33 | | 正恒主阀 (气用常开型) | 41 | | 电磁双恒主阀 (气用常闭型) |
| 26 | | 电磁主阀 (气用常闭型) | 34 | | 反恒主阀 (液用常闭型) | 42 | | 温度调节阀(内平 衡式热力膨胀阀) |
| 27 | | 电磁主阀 (气用常开型) | 35 | | 反恒主阀 (气用常闭型) | 43 | | 温度调节阀(外平 衡式热力膨胀阀) |
| 28 | | 恒压阀 (正恒A型) | 36 | | 电磁恒压主阀 (气用常闭型) | 44 | | 止回阀 |
| 29 | | 恒压阀 (正恒B型) | 37 | | 电磁恒压主阀 (气用常闭型) | 45 | | 止回阀(差压式) |
| 30 | | 恒压阀 (反恒C型) | 38 | | 电磁恒压主阀 (气用常闭型) | 46 | | 旁通阀 |
| 31 | | 恒压阀 (反恒D型) | 39 | | 电磁恒压主阀 (气用常开型) | 47 | | 浮球液位控制器 |
| 32 | | 正恒主阀 (气用常闭型) | 40 | | 电磁双恒主阀 (气用常闭型) | 48 | | 液位指示及控制器 |

(续)

| 序号 | 符号 | 名称 | 序号 | 符号 | 名称 | 序号 | 符号 | 名称 |
|----|----|-----------|----|----|------------|---|----|----------|
| 49 | | 玻璃管液位指示器 | 57 | | 压力螺旋式温度控制器 | 65 | | 时间程序控制器 |
| 50 | | 浮球阀 | 58 | | 温度调节器 | 66 | | 分级步进调节器 |
| 51 | | 过滤器 | 59 | | 温度指示仪 | 67 | | 电容式液位控制器 |
| 52 | | 压力表 | 60 | | 高低压压力控制器 | 说明: 1. 制冷剂管道图注管径一律以外径D表示。不注管壁厚度, 仅在材料表中注明壁厚。 2. 载冷剂管道管径图上和材料表中均以公称直径D _g 表示, 不注外径和壁厚。 3. 阀门均以公称直径D _g 表示, 图上不注角度, 仅在材料表中注明直通式或直角式, 或以180°、90°表示。 4. 所有管线须绘出表示流向的箭头。 | | |
| 53 | | 观察孔 | 61 | | 压力控制器 | | | |
| 54 | | 温度计套管 | 62 | | 电感压力变送器 | | | |
| 55 | | 铂电阻 | 63 | | 差压控制器 | | | |
| 56 | | 压力棒式温度控制器 | 64 | | 电阻式湿度计 | | | |

2. 单线式管状图例

表 1—64

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 透视 |  |  |  |  |  |
| 立面 |  |  |  |  |  |
| 平面 |  |  |  |  |  |
| 透视 |  |  |  |  |  |
| 立面 |  |  |  |  |  |
| 平面 |  |  |  |  |  |
| 透视 |  |  |  |  |  |
| 立面 |  |  |  |  |  |
| 平面 |  |  |  |  |  |

3. 建筑图例

表 1—65

| 序号 | 名称 | 图例 | 说明 | 序号 | 名称 | 图例 | 说明 |
|----|---------------|----|--------------------------------------|-----|-------|----|---|
| 1 | 自然土壤 | | 包括各种自然土壤 | 10. | 混凝土 | | 1.本图例仅适用于能承重的 混凝土及钢筋混凝土 2.包括各种标号、骨料、 附加剂的混凝土 3.在剖面图上画出例线时， 不画底例线 4.断面较窄，不画画出例 线时，可省略 |
| 2 | 夯实土壤 | | | 11. | 钢筋混凝土 | | |
| 3 | 砂、灰土 | | 靠近轮廓线点较密的点 | 12 | 灰渣、矿渣 | | 包括与水泥、石灰等 混合而成的材料 |
| 4 | 砂砾石、 碎砖三合土 | | | 13 | 多孔材料 | | 包括水泥石珍珠岩、石膏 珍珠岩、泡沫混凝土、 非承重加气混凝土、 陶粒塑料、胶木等 |
| 5 | 天然石材 | | 包括岩层、砌体、 铺地、贴面等材料 | 14 | 纤维材料 | | 包括麻丝、玻璃棉、 矿渣棉、木丝板、 纤维板等 |
| 6 | 毛石 | | | 15 | 松散材料 | | 包括木屑、石灰木屑、 稻壳等 |
| 7 | 普通砖 | | 1.包括砌体、翻块 2.断面较窄，不画画出 图例线时，可涂红 | 16 | 木材 | | 1.上图为横断面， 左上图为垫木、 木砖、木龙骨 2.下图为纵断面 |
| 8 | 耐火砖 | | 包括耐酸砖等 | 17. | 胶合板 | | 应注明×层胶合板 |
| 9 | 空心砖 | | 包括各种多孔砖 | 18. | 饰面砖 | | 包括铺地砖、马赛克、 陶瓷锦砖、人造大理 石等 |

(续)

| 序号 | 名称 | 图例 | 说明 | 序号 | 名称 | 图例 | 说明 |
|-----|------|----|-----------------------------|-----|------|----|---|
| 19. | 石膏板 | | | 28. | 检查孔 | | 左图为可见检查孔 右图为不可见检查孔 |
| 20. | 金属 | | 1. 包括各种金属 2. 图形小时, 可涂黑 | 29. | 孔洞 | | |
| 21. | 网状材料 | | 1. 包括金属, 塑料等网状材料 2. 注明材料 | 30. | 坑槽 | | |
| 22. | 液体 | | 注明液体名称 | 31. | 墙洞留洞 | | |
| 23. | 玻璃 | | 包括平板玻璃、磨砂玻璃、夹丝玻璃、钢化玻璃等 | 32. | 墙洞留槽 | | |
| 24. | 橡胶 | | | 33. | 烟道 | | |
| 25. | 塑料 | | 包括各种软、硬塑料及有机玻璃等 | 34. | 通风道 | | |
| 26. | 防水材料 | | 构造层次多或比例较大时, 采用上面图例 | 35. | 土墙 | | 包括土筑墙、土坯墙、三合土墙等 |
| 27. | 粉刷 | | 本图例点以较稀的点 | 36. | 隔断 | | 1. 包括板条抹灰、木削、石膏板、金属材料等隔断; 2. 适用于剖视与不剖视隔断 |
| | | | | 37. | 栏杆 | | 上图为非金属扶手 下图为金属扶手 |

注: 序号1, 2, 5, 7, 8, 11, 13, 17, 20, 24, 25图例中的斜线、短斜线交叉斜线等一律为45°。

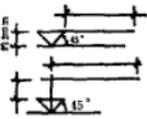
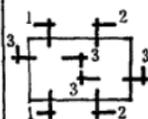
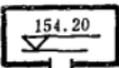
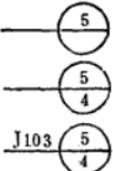
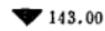
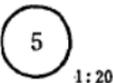
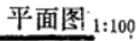
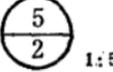
(续)

| 序号 | 名称 | 图例 | 说明 | 序号 | 名称 | 图例 | 说明 |
|----|-------|----|--|----|----|----|--|
| 38 | 铁路 | | 本图例适用于标准轨及窄轨铁路, 使用本图例时应注明轨距 | 43 | 电梯 | | 1. 电梯应注明类型 2. 门和平衡锤的位置应按实际情况绘制 |
| 39 | 起重机轨道 | | | 44 | 坡道 | | |
| 40 | 电动葫芦 | | 1. 上图表示立面(或剖面), 下图表示平面 2. 起重机的图例应按比例绘制 3. 有无操纵室, 应按实际情况绘制 4. 需要时, 可注明起重机的名称, 行驶的轴线范围及工作级别 5. 本图例的符号说明: G—起重机的起重量, 以吨计算 S—起重机的跨度或臂长, 以米计算 | 45 | 楼梯 | | 1. 上图为底层楼梯平面, 中图为中间层楼梯平面, 下图为顶层楼梯平面 2. 楼梯的形式及步数应按实际情况绘制 |
| 41 | 梁式起重机 | | | 46 | 厕所 | | 1. 在比例较小的图中, 隔间可用单线表示 2. 卫生用具及门的开关方向, 应按设计的实际情况绘制 |
| 42 | 桥式起重机 | | | | | | |

(续)

| 序号 | 名称 | 图例 | 说明 | 序号 | 名称 | 图例 | 说明 |
|----|----------------|----|------------------------------|----|-----------------|----|---|
| 47 | 新建的墙和窗 | | 本图为砖墙图例, 若用其它材料, 应按所用材料的图例绘制 | 52 | 在原有墙或楼板上局部填塞的洞 | | |
| 48 | 改建时保留的原有墙和窗 | | | 53 | 空门洞 | | |
| 49 | 在原有墙或楼板上新开的洞 | | | 54 | 单扇门 (包括平开或单面弹簧) | | <ol style="list-style-type: none"> 1. 门的名称代号用M表示 2. 剖面图上左为外, 右为内, 平面图上下为外, 上为内 3. 立面图上开启方向为弧线变角的一侧为安装合页的一侧, 实线为外开, 虚线为内开 4. 平面图上的开启方向线及立面图上的开启方向线, 在一般设计图上不需表示, 仅在制作图上表示 5. 立面形式应按实际情况绘制 |
| 50 | 在原有洞旁放大的洞 | | | 55 | 双扇门 (包括平开或单面弹簧) | | |
| 51 | 在原有墙或楼板上全部填塞的洞 | | | 56 | 对开折叠门 | | |

(续)

| 序号 | 名称 | 图例 | 说明 | 序号 | 名称 | 图例 | 说明 |
|----|------|---|---|----|--------|--|--|
| 57 | 标高符号 |  | 1. 注写标高数字的长度 h ₀ 高度, 视需要而定 标高数字以m为单位, 正数标高, 前3.000, 0.500; 负数标高, 如 -1.500, -0.500 | 63 | 剖面剖切符号 |  | 剖切位置及剖切方向线以粗实线绘制, 需要转折的剖切位置线在转折处如与其它图线发生重叠应在转角的外侧加注与该符号相同的编号 |
| 58 | 室内标高 |  | | 64 | 索引符号 |  | 索引符号以细实线绘制, 直径10mm, 图中数字5表示详图的编号 一表示详图在本图纸上。数字4表示详图所在的图纸编号, J103表示标准图册的编号 |
| 59 | 室外标高 |  | | 65 | 详图标注 |  | 图中数字5表示详图的编号, 数字2为被索引的详图所在的图纸编号, 比例应写于详图符号的右下角 |
| 60 | 轨顶标高 |  | “G.D”为轨顶的代号 | | | | |
| 61 | 图名标注 |  | 图名一般放在图形的下面, 并在图名的下面画粗线一道, 比例写在图名右下角 | | |  | |
| 62 | 详图符号 |  | 详图符号以粗实线绘制, 直径为14mm | | | | |

4. 全国主要城市地震基本烈度

(1) 国家重点抗震城市及烈度

表 1—66

| 城市名称 | 基本烈度 | 城市名称 | 基本烈度 | 城市名称 | 基本烈度 |
|------|------|------|------|------|------|
| 北京 | 8 | 银川 | 8 | 下关 | 9 |
| 天津 | 8 | 石咀山 | 8 | 西安 | 8 |
| 唐山 | 8 | 渡口 | 7 | 咸阳 | 8 |
| 秦皇岛 | 7 | 成都 | 7 | 宝鸡 | 7 |
| 邯郸 | 7 | 自贡 | 7 | 兰州 | 8 |
| 张家口 | 7 | 西昌 | 9 | 天水 | 8 |
| 太原 | 8 | 徐州 | 7 | 嘉峪关 | 8 |
| 呼和浩特 | 8 | 连云港 | 7 | 泉州 | 7 |
| 包头 | 8 | 烟台 | 7 | 汕头 | 8 |
| 旅大 | 7 | 枣庄 | 7 | 海口 | 8 |
| 锦州 | 7 | 德州 | 7 | 湛江 | 7 |
| 丹东 | 7 | 合肥 | 7 | 西宁 | 7 |
| 安阳 | 8 | 淮南 | 7 | 乌鲁木齐 | 7 |
| 三门峡 | 8 | 蚌埠 | 7 | | |
| 焦作 | 7 | 昆明 | 7 | | |
| 南京 | 7 | 昆东 | 9 | | |

(2) 特殊六度区城市及烈度

| 城市名称 | 基本烈度 | 城市名称 | 基本烈度 |
|-------|------|------|------|
| 淮 北 | 6 | 常 州 | 6 |
| 莞 湖 | 6 | 深 阳 | 6 |
| 铜 陵 | 6 | 郑 州 | 6 |
| 马 鞍 山 | 6 | 洛 阳 | 6 |
| 宜 兴 | 6 | 济 南 | 6 |

注：1. 根据城建部(84)城抗字第267号文规定基本烈度为六度地区的省会和市区人口在百万以上的城市，七层及七层以上的砖混建筑和十层以上的钢筋混凝土建筑、30m以上的砖烟囱应按七度设防，一般冷库按六度设防，当冷库地面以上高度达30m以上时相当于十层以上的钢筋混凝土建筑应按七度设防。

2. 表列特殊六度区的十个城市3000t及3000t以上的大型冷库、六层及六层以上的砖混建筑应按七度设防。

5. 全国主要城市地下3.2米深处历年最低两个月的土壤平均温度

表 1—67

| 城市名称 | 3.2米深处地温(℃) | | | | | 城市名称 | 3.2米深处地温(℃) | | | | |
|---------|-------------|------|----|------|------|---------|-------------|------|----|------|------|
| | 月份 | 温度值 | 月份 | 温度值 | 平均值 | | 月份 | 温度值 | 月份 | 温度值 | 平均值 |
| 北 京 | 3 | 9.4 | 4 | 9.4 | 9.4 | 南 昌 | 3 | 16.0 | 4 | 15.7 | 15.9 |
| 上 海 | 3 | 14.8 | 4 | 14.5 | 14.7 | 武 汉 | 4 | 15.6 | 5 | 15.8 | 15.7 |
| 天 津 | 3 | 10.6 | 4 | 10.2 | 10.4 | 长 沙 | 3 | 16.6 | 4 | 16.4 | 16.5 |
| 哈 尔 滨 | 4 | 2.4 | 5 | 2.1 | 2.3 | 南 宁 | 3 | 22.0 | 4 | 22.0 | 22.0 |
| 长 春 | 4 | 3.8 | 5 | 3.4 | 3.6 | 广 州 | 3 | 21.9 | 4 | 22.0 | 22.0 |
| 沈 阳 | 4 | 5.4 | 5 | 5.7 | 5.6 | 昆 明 | 4 | 15.1 | 5 | 15.1 | 15.1 |
| 乌 兰 浩 特 | 3 | 2.4 | 4 | 2.2 | 2.3 | 拉 萨 | 2 | 7.6 | 3 | 7.6 | 7.6 |
| 呼 和 浩 特 | 4 | 4.6 | 5 | 4.6 | 4.6 | 成 都 | 3 | 15.4 | 4 | 15.8 | 15.6 |
| 兰 州 | 3 | 8.6 | 4 | 8.8 | 8.7 | 贵 阳 | 3 | 15.3 | 4 | 15.4 | 15.4 |
| 西 宁 | 3 | 5.9 | 4 | 6.2 | 6.1 | 南 京 | 3 | 14.0 | 4 | 13.7 | 13.9 |
| 银 川 | 4 | 6.7 | 5 | 7.0 | 6.9 | 合 肥 | 4 | 15.0 | 5 | 15.5 | 15.3 |
| 西 安 | 3 | 11.9 | 4 | 12.0 | 12.0 | 杭 州 | 3 | 15.6 | 4 | 15.2 | 15.4 |
| 太 原 | 3 | 8.4 | 4 | 7.9 | 8.2 | 济 南 | 3 | 13.8 | 4 | 13.6 | 13.7 |
| 石 家 庄 | 3 | 11.2 | 4 | 11.4 | 11.3 | 蚌 埠 | 3 | 14.1 | 4 | 14.0 | 14.1 |
| 郑 州 | 3 | 12.3 | 4 | 12.5 | 12.4 | 齐 齐 哈 尔 | 4 | 2.7 | 5 | 2.5 | 2.6 |
| 乌 鲁 木 齐 | 3 | 6.5 | 4 | 6.6 | 6.5 | 海 拉 尔 | 6 | 0.5 | 7 | 0.4 | 0.5 |

第二章 常用制冷剂、载冷剂和制冷压缩机用冷冻机油

一、常用制冷剂

可作为制冷剂的物质有几十种，用于冷库和空调制冷的仅十几种。

常用制冷剂的特性和应用范围见表2—1和表2—2。

常用制冷剂特性表

表 2—1

| 化学名称 | 符号 | 分子式 | 分子量 | 在0.1013 MPa下的 沸腾温度 (℃) | 临界温度 (℃) | 临界压力 (绝对) (MPa) | 临界比容 (L/kg) | 凝固温度 (℃) | 绝热指数 (20℃, 0.1013 MPa时) | 汽化热 (0.1013 MPa时) (kJ/kg) |
|--------|------|-------------------|--------|------------------------------|-------------|-----------------------|----------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 氨 | R717 | NH ₃ | 17.031 | -33.4 | 132.4 | 11.297 | 4.130 | -77.7 | 1.32 | 1368.2 |
| 三氟一氟甲烷 | R11 | CFCl ₃ | 137.39 | 23.7 | 197.78 | 4.373 | 1.805 | -111.0 | 1.135 | 182.2 |

(续)

| 化学名称 | 符号 | 分子式 | 分子量 | 在0.1013 MPa下的 沸腾温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 临界温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 临界压力 (绝对) (MPa) | 临界比容 (L/kg) | 凝固温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 绝热指数 (20°C , 0.1013MPa 时) | 汽化热 (0.1013 MPa时) (kJ/kg) |
|------------------------------------|------|-----------------------------------|--------|---|--------------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------|---|------------------------------------|
| 二氯二氟甲烷 | R 12 | CF_2Cl_2 | 120.92 | -29.8 | 112.04 | 4.115 | 1.793 | -155.0 | 1.138 | 167.2 |
| 一氯三氟甲烷 | R 13 | CF_3Cl | 104.47 | -81.5 | 28.78 | 3.868 | 1.721 | -180.0 | 1.150 (10°C) | 149.9 |
| 二氯一氟甲烷 | R21 | CHFCl_2 | 102.92 | 8.9 | 178.5 | 5.166 | 1.915 | -135.0 | 1.12 | |
| 一氯二氟甲烷 | R22 | CHF_2Cl | 86.48 | -40.8 | 96.0 | 5.936 | 1.905 | -160.0 | 1.194 (10°C) | 234.7 |
| 三氟三氯乙烷 | R113 | $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ | 187.39 | 47.68 | 214.1 | 3.415 | 1.735 | -36.6 | 1.08 (60°C) | 144.6 |
| 二氟四氟乙烷 | R114 | $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$ | 170.91 | 3.5 | 145.8 | 3.275 | 1.715 | -94.0 | 1.092 (10°C) | 137.3 |
| 一氟五氟乙烷 | R115 | $\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$ | 154.48 | -38.0 | 80.0 | 3.236 | 1.680 | -106.0 | 1.091 (30°C) | |
| 水 | R718 | H_2O | 18.016 | 100.0 | 374.15 | 22.129 | 3.26 | 0 | 1.33 (0°C) | |
| 73.8% R12和 26.2% R152 的共沸混合物 | R500 | | 99.29 | -33.3 | | 4.354 | 2.01 | -158.9 | 1.127 (30°C) | 202.5 |
| 48.8% R22和 51.2% R115 的共沸混合物 | R502 | | 111.64 | -45.6 | 90.1 | 4.129 | 1.79 | | 1.133 (30°C) | 172.9 |

常用制冷剂的应用范围 表 2—2

| 制冷剂 | 压缩机型式 | 使用温度范围(℃) | 用途 |
|------|-------------|-----------|-------|
| R717 | 活塞式、螺杆式、回转式 | 10—-60 | 冷藏、制冰 |
| R11 | 离心式 | 10—-5 | 空调 |
| R12 | 活塞式、螺杆式、离心式 | 10—-60 | 冷藏、空调 |
| R21 | 活塞式、离心式 | 10—-20 | 空调 |
| R22 | 活塞式、螺杆式、离心式 | 0—-80 | 冷藏、空调 |
| R113 | 离心式 | 10—0 | 空调 |
| R502 | 活塞式、回转式 | 0—-80 | 冷藏 |
| R718 | 蒸汽喷射 | 10—0 | 空调 |

制冷剂毒性等级的划分 表 2—3

| 级别 | 试验条件 | | 产生的结果 |
|----|--------------|-----------|------------|
| | 制冷剂蒸汽容积含量(%) | 作用时间(min) | |
| 1 | 0.5—1 | 5 | 致死 |
| 2 | 0.5—1 | 60 | 致死 |
| 3 | 2—2.5 | 60 | 开始死亡或患严重疾病 |
| 4 | 2—2.5 | 120 | 产生危害作用 |
| 5 | 20 | 120 | 不发生有害作用 |
| 6 | 20 | 120 | 不发生有害作用 |

常用制冷剂的毒性比较 表 2—4

| 制冷剂 | 毒性等级 | 发生危害的条件 | |
|------|------|---------------|---------|
| | | 制冷剂蒸汽的容积含量(%) | 作用时间(h) |
| R717 | 2 | 0.5—0.6 | 0.5 |
| R11 | 5 | 10 | 2 |
| R12 | 6 | 28.8—30.4 | 2 |
| R21 | 5a | 10.2 | 0.5 |
| R22 | 5 | 9.5—11.7 | 2 |
| R502 | 4b | — | — |

(一) 制冷剂的毒性

制冷剂蒸汽对人的危险程度, 决定于人在含毒气体的环境中停留时间的长短。制冷剂的毒性分六级, 见表 2—3。一级毒性最大, 六级最小。常用制冷剂的毒性等级见表 2—4。

一些氟利昂制冷剂蒸汽如 R11、R12、R21、R22、R502 等接触明火时会分解成有毒气体——光气，对人有危害。

(二) 氨的燃烧性和爆炸性

当氨蒸汽在空气中的含量达到一定的比例时，就与空气构成爆炸性混合气体，这种混合气体遇到明火时会发生爆炸。制冷剂在空气中构成爆炸性混合气体所占的比例是有一定范围的，在这个范围以

外，即使有明火，也不发生爆炸。但在超过上限的混合气体，遇明火时可以燃烧。氨的燃点和爆炸极限见表 2—5。

(三) 制冷剂的热稳定性

制冷剂是在制冷系统中连续不断地蒸发和冷凝，尤其在压缩后温度较高的情况下，不产生分解作用，所以要求热稳定性好。

在普通制冷技术的温度范围内，制冷剂是热稳定的，制冷剂的分解温度都高于制冷剂的工作温度，尤其氟利昂制冷剂。但在有金属催化剂存在或与冷冻机油、水、空气等接触时，氟利昂制冷剂的分解温度就要降低。下面列出一些氟利昂制冷剂在有油、钢铁、铜存在时，长时间使用的最高温度，见表 2—6。

氨的燃点和爆炸极限

表 2—5

| 制冷剂 | 燃点 (°C) | 爆炸极限 | | 爆炸时的 最高压力 (kPa) | 达到最 高压力的 时间 (s) |
|------|------------|------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | | 容积比 (%) | 重量浓度 (g/m ³) | | |
| R717 | 1171 | 15.5—27 | 110—192 | 442 | 0.175 |

一些氟利昂制冷剂在有油、钢铁、铜
存在时长时间使用的最高温度表 表 2—6

| 制 冷 剂 | R11 | R12 | R22 | R502 |
|-----------|-----|-----|---------|---------|
| 最高使用温度(℃) | 105 | 120 | 130—150 | 130—150 |

(四) 制冷剂对材料的作用

1. 对金属材料的作用 氨对钢和铁没有腐蚀作用，纯氨对黄铜或相类似的合金有轻微的腐蚀作用。如果氨中有水分，对铜及其合金（除锡、磷、青铜等少数铜合金外）就有强烈的腐蚀作用。

氟利昂制冷剂在通常使用条件下，对几乎所有的金属都无腐蚀作用，只对镁和含镁 2% 以上的铝合金例外。但在有水存在时，对金属产生腐蚀作用。

2. 对非金属材料的作用 氟利昂制冷剂是一种良好的有机溶剂，天然橡胶和树脂很容易溶解于氟

利昂制冷剂中。因此，不能采用普通橡胶、脂肪化合物等作氟利昂制冷剂的管道连接处的垫片或密封填料。氯醇和氯丁橡胶受氟利昂制冷剂的影响较小，尼龙和氟塑料不受影响。

(五) 制冷剂与水的作用

氨易溶于水，氟利昂制冷剂难溶于水。溶解于制冷剂中的水，在低温时析出后结冰，堵塞节流阀通道，所以在制冷系统中，尤其是氟利昂系统更不应有水分存在。

(六) 制冷剂与冷冻机油的作用

制冷剂与冷冻机油的溶解性因制冷剂的不同而有所差别。大致可分为三种情况：

1. 制冷剂难溶于冷冻机油。如 R717、R13 等，在制冷设备中，制冷剂与冷冻机油是分成两层的。因此，易于分离。

2. 制冷剂与冷冻机油完全溶解。如R11、R12、R21等，在制冷设备中，制冷剂与冷冻机油形成均匀的溶液而不分层。

3. 介于前面两种情况之间，在一定的温度范围内完全溶解。如R22、R502等，它们在高温时与冷冻机油无限溶解，当低于某一临界温度时，溶液就分成两层。

二、载冷剂

可以作载冷剂的物质是很多的，目前在工程中

实际使用的有水、氯化钠水溶液、氯化钙水溶液、丙三醇（甘油）水溶液、乙二醇水溶液、甲醇、乙醇等几种。

蒸发温度在 5°C 以上的载冷剂系统，一般都采用水作载冷剂。蒸发温度在 $5-50^{\circ}\text{C}$ 的范围内，常采用氯化钠水溶液、氯化钙水溶液、乙二醇水溶液等作载冷剂。这几种载冷剂的热物理性质见表2-7、2-8、2-9、2-10。

氯化钠水溶液的热物理性质

表 2-7

| 浓 度 ζ (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温 度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|-------------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|--|--|--|---------------|
| 7 | -4.4 | 1050 | 20 | 3.843 | 0.593 | 10.787 | 1.03 | 5.31 | 6.9 |
| | | | 10 | 3.835 | 0.576 | 11.122 | 1.34 | 5.16 | 9.4 |
| | | | 0 | 3.937 | 0.509 | 18.731 | 1.78 | 5.02 | 12.7 |
| | | | -4 | 3.838 | 0.556 | 21.575 | 2.00 | 5.00 | 14.8 |
| 11 | -7.5 | 1080 | 20 | 3.697 | 0.593 | 11.474 | 1.06 | 5.33 | 7.2 |
| | | | 10 | 3.684 | 0.570 | 15.200 | 1.41 | 5.15 | 9.9 |
| | | | 0 | 3.676 | 0.556 | 20.202 | 1.87 | 5.03 | 13.4 |
| | | | -5 | 3.672 | 0.549 | 24.419 | 2.26 | 4.98 | 16.4 |
| | | | -7.5 | 3.672 | 0.545 | 26.478 | 2.45 | 4.96 | 17.8 |
| 13.6 | -9.8 | 1100 | 20 | 3.639 | 0.593 | 12.258 | 1.12 | 5.40 | 7.4 |
| | | | 10 | 3.601 | 0.568 | 16.181 | 1.47 | 5.15 | 10.3 |
| | | | 0 | 3.588 | 0.551 | 21.477 | 1.95 | 5.07 | 13.9 |
| | | | -5 | 3.584 | 0.547 | 26.086 | 2.37 | 5.00 | 17.1 |
| | | | -9.8 | 3.580 | 0.540 | 34.323 | 3.13 | 4.94 | 22.9 |
| 16.2 | -12.2 | 1120 | 20 | 3.534 | 0.573 | 13.141 | 1.20 | 5.21 | 8.3 |
| | | | 10 | 3.525 | 0.569 | 17.260 | 1.57 | 5.18 | 10.9 |
| | | | -5 | 3.509 | 0.544 | 28.341 | 2.58 | 5.00 | 18.6 |

(续)

| 浓 度 ζ (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温 度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|-------------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|--|--|--|---------------|
| 18.8 | -15.1 | 1140 | -10 | 3.504 | 0.535 | 34.912 | 3.18 | 4.93 | 23.2 |
| | | | -12.2 | 3.500 | 0.533 | 42.169 | 3.84 | 4.90 | 28.3 |
| | | | 20 | 3.462 | 0.582 | 14.318 | 1.26 | 5.32 | 8.5 |
| | | | 10 | 3.454 | 0.566 | 18.535 | 1.63 | 5.17 | 11.4 |
| | | | 0 | 3.442 | 0.550 | 25.595 | 2.25 | 5.05 | 16.1 |
| | | | -5 | 3.433 | 0.542 | 31.185 | 2.74 | 5.00 | 19.8 |
| | | | -10 | 3.429 | 0.533 | 38.736 | 3.40 | 4.92 | 24.8 |
| 21.2 | -18.2 | 1160 | -15 | 3.425 | 0.525 | 47.758 | 4.19 | 4.86 | 31.0 |
| | | | 20 | 3.395 | 0.579 | 15.495 | 1.33 | 5.27 | 9.1 |
| | | | 10 | 3.383 | 0.563 | 20.104 | 1.73 | 5.17 | 12.1 |
| | | | 0 | 3.375 | 0.547 | 28.243 | 2.44 | 5.03 | 17.5 |
| | | | -5 | 3.366 | 0.538 | 34.421 | 2.96 | 4.96 | 21.5 |
| | | | -10 | 3.362 | 0.530 | 43.051 | 3.70 | 4.90 | 27.1 |
| | | | -15 | 3.358 | 0.522 | 52.760 | 4.55 | 4.85 | 33.9 |
| 23.1 | -21.1 | 1175 | -18 | 3.358 | 0.518 | 60.801 | 5.24 | 4.80 | 39.4 |
| | | | 20 | 3.345 | 0.565 | 16.671 | 1.42 | 5.30 | 9.6 |
| | | | 10 | 3.333 | 0.549 | 21.575 | 1.84 | 5.05 | 13.1 |

(续)

| 浓度 ζ (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|------------------------|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|---------------|
| | | | 0 | 3.324 | 0.544 | 30.401 | 2.59 | 5.02 | 18.6 |
| | | | -5 | 3.320 | 0.536 | 37.461 | 3.20 | 4.95 | 23.3 |
| | | | -10 | 3.312 | 0.528 | 47.072 | 4.02 | 4.89 | 29.5 |
| | | | -15 | 3.308 | 0.520 | 57.467 | 4.90 | 4.83 | 36.5 |
| | | | -21 | 3.303 | 0.514 | 77.473 | 6.60 | 4.77 | 50.0 |

氯化钙水溶液的热物理性质

表 2-8

| 浓度 ζ (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|------------------------|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|---------------|
| 9.4 | -5.2 | 1080 | 20 | 3.643 | 0.584 | 12.356 | 1.15 | 5.35 | 7.8 |
| | | | 10 | 3.634 | 0.570 | 15.495 | 1.44 | 5.23 | 9.9 |
| | | | 0 | 3.626 | 0.556 | 21.575 | 2.00 | 5.11 | 14.1 |
| | | | -5 | 3.601 | 0.549 | 25.497 | 2.36 | 5.08 | 16.7 |
| 14.7 | -10.2 | 1130 | 10 | 3.362 | 0.576 | 14.906 | 1.32 | 5.46 | 8.7 |
| | | | 20 | 3.349 | 0.563 | 18.633 | 1.64 | 5.35 | 11.0 |

(续)

| 浓 度 c (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温 度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta\times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu\times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a\times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|---------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|---|---|---|---------------|
| 18.9 | -15.7 | 1170 | 0 | 3.329 | 0.549 | 25.595 | 2.27 | 5.26 | 15.6 |
| | | | -5 | 3.316 | 0.542 | 30.401 | 2.70 | 5.20 | 18.7 |
| | | | -10 | 3.308 | 0.534 | 40.600 | 3.60 | 5.15 | 25.3 |
| | | | 20 | 3.148 | 0.572 | 18.044 | 1.54 | 5.60 | 9.9 |
| | | | 10 | 3.140 | 0.558 | 22.359 | 1.91 | 5.47 | 12.6 |
| | | | 0 | 3.128 | 0.544 | 29.910 | 2.56 | 5.37 | 17.2 |
| 20.9 | -19.2 | 1190 | -5 | 3.098 | 0.537 | 34.323 | 2.94 | 5.34 | 19.8 |
| | | | -10 | 3.086 | 0.529 | 46.680 | 4.00 | 5.29 | 27.3 |
| | | | -15 | 3.065 | 0.523 | 61.488 | 5.27 | 5.28 | 35.9 |
| | | | 20 | 3.077 | 0.569 | 20.006 | 1.68 | 5.59 | 19.9 |
| | | | 10 | 3.056 | 0.555 | 24.517 | 2.06 | 5.50 | 13.4 |
| | | | 0 | 3.044 | 0.542 | 32.754 | 2.76 | 5.38 | 18.5 |
| 23.8 | -25.7 | 1220 | -5 | 3.014 | 0.535 | 38.246 | 3.22 | 5.38 | 21.5 |
| | | | -10 | 3.014 | 0.527 | 50.700 | 4.25 | 5.30 | 28.9 |
| | | | -15 | 3.014 | 0.521 | 65.901 | 5.53 | 5.23 | 38.2 |
| | | | 20 | 2.973 | 0.565 | 23.536 | 1.94 | 5.62 | 12.5 |
| | | | 10 | 2.952 | 0.551 | 28.733 | 2.35 | 5.50 | 15.4 |

(续)

| 浓度 ζ (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|------------------------|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|---------------|
| 25.7 | -31.2 | 1240 | 0 | 2.931 | 0.538 | 37.265 | 3.13 | 5.43 | 20.8 |
| | | | -5 | 2.910 | 0.530 | 44.130 | 3.63 | 5.38 | 24.4 |
| | | | -10 | 2.910 | 0.523 | 59.232 | 4.87 | 5.32 | 33.0 |
| | | | -15 | 2.910 | 0.518 | 75.511 | 6.20 | 5.27 | 42.5 |
| | | | -20 | 2.889 | 0.511 | 94.732 | 7.77 | 5.20 | 53.8 |
| | | | -25 | 2.889 | 0.504 | 115.718 | 9.48 | 5.15 | 66.5 |
| | | | 20 | 2.889 | 0.562 | 26.282 | 2.12 | 5.66 | 13.5 |
| | | | 10 | 2.889 | 0.548 | 32.166 | 2.51 | 5.50 | 16.5 |
| | | | 0 | 2.868 | 0.535 | 42.561 | 3.43 | 5.43 | 22.7 |
| | | | -10 | 2.847 | 0.521 | 66.783 | 5.40 | 5.32 | 36.6 |
| 27.5 | -38.6 | 1260 | -15 | 2.847 | 0.514 | 83.651 | 6.75 | 5.25 | 46.3 |
| | | | -20 | 2.805 | 0.508 | 105.618 | 8.52 | 5.25 | 58.5 |
| | | | -25 | 2.805 | 0.501 | 129.056 | 10.40 | 5.20 | 72.0 |
| | | | -30 | 2.763 | 0.494 | 148.080 | 12.00 | 5.21 | 83.0 |
| | | | 20 | 2.847 | 0.558 | 29.322 | 2.33 | 5.63 | 14.9 |
| | | | 10 | 2.826 | 0.545 | 36.088 | 2.87 | 5.50 | 18.8 |
| | | | 0 | 2.809 | 0.531 | 48.053 | 3.81 | 5.41 | 25.8 |

(续)

| 浓度 ζ (重量%) | 凝固点 t_s ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta\times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu\times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a\times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|------------------------|--|--|-------------------------------------|--|--|---|---|---|---------------|
| 28.5 | -43.6 | 1270 | -10 | 2.784 | 0.519 | 75.217 | 5.97 | 5.33 | 40.3 |
| | | | -20 | 2.783 | 0.506 | 118.660 | 9.45 | 5.24 | 65.0 |
| | | | -25 | 2.742 | 0.499 | 147.100 | 11.70 | 5.20 | 80.7 |
| | | | -30 | 2.742 | 0.492 | 171.616 | 13.60 | 5.12 | 95.5 |
| | | | -35 | 2.721 | 0.486 | 215.746 | 17.10 | 5.12 | 120.0 |
| | | | 20 | 2.805 | 0.557 | 31.381 | 2.47 | 5.62 | 15.8 |
| 29.4 | -50.1 | 1280 | 0 | 2.780 | 0.529 | 51.191 | 4.02 | 5.40 | 26.7 |
| | | | -10 | 2.763 | 0.518 | 80.218 | 6.32 | 5.31 | 42.7 |
| | | | -20 | 2.721 | 0.505 | 126.506 | 10.00 | 5.25 | 68.8 |
| | | | -25 | 2.721 | 0.498 | 159.848 | 12.60 | 5.18 | 87.5 |
| | | | -30 | 2.700 | 0.491 | 188.288 | 14.90 | 5.16 | 103.5 |
| | | | -35 | 2.700 | 0.484 | 245.166 | 19.30 | 5.10 | 136.5 |
| | | | -40 | 2.680 | 0.478 | 304.006 | 24.00 | 5.07 | 171.0 |
| | | | 20 | 2.805 | 0.555 | 33.343 | 2.65 | 5.57 | 17.2 |
| | | | 0 | 2.755 | 0.528 | 54.917 | 4.30 | 5.40 | 28.7 |
| | | | -10 | 2.721 | 0.516 | 86.299 | 6.75 | 5.35 | 45.4 |
| -20 | 2.680 | 0.504 | 138.274 | 10.80 | 5.28 | 73.4 | | | |

(续)

| 浓 度 ζ (重量%) | 凝固点 t_3 ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温 度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|-------------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|--|--|--|---------------|
| 29.9 | -55 | 1286 | -30 | 2.659 | 0.490 | 212.804 | 16.60 | 5.19 | 115.0 |
| | | | -35 | 2.638 | 0.483 | 254.973 | 19.90 | 5.15 | 139.0 |
| | | | -40 | 2.638 | 0.477 | 323.619 | 25.30 | 5.10 | 179.0 |
| | | | -45 | 2.617 | 0.470 | 402.073 | 31.40 | 5.06 | 223.0 |
| | | | -50 | 2.617 | 0.464 | 490.333 | 38.30 | 4.68 | 295.0 |
| | | | 20 | 2.784 | 0.554 | 35.108 | 2.75 | 5.58 | 17.8 |
| | | | 0 | 2.738 | 0.528 | 56.879 | 4.43 | 5.40 | 29.5 |
| | | | -10 | 2.700 | 0.515 | 90.417 | 7.04 | 5.34 | 47.5 |
| | | | -20 | 2.680 | 0.502 | 144.158 | 11.23 | 5.25 | 77.0 |
| | | | -30 | 2.659 | 0.488 | 225.553 | 17.60 | 5.16 | 123.0 |
| | | | -35 | 2.638 | 0.483 | 284.393 | 22.10 | 5.10 | 156.5 |
| | | | -40 | 2.638 | 0.476 | 353.039 | 27.50 | 5.06 | 196.0 |
| | | | -45 | 2.617 | 0.470 | 431.493 | 33.50 | 5.02 | 240.0 |
| | | | -50 | 2.617 | 0.463 | 509.946 | 39.70 | 4.96 | 290.0 |
| | | | -55 | 2.596 | 0.456 | 647.239 | 50.20 | 4.91 | 368.0 |

乙二醇水溶液的热物理性质

表 2—9

| 浓 度 ζ (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温 度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta\times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu\times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a\times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|-------------------------|--|--|--------------------------------------|--|--|---|---|---|---------------|
| 4.6 | -2 | 1005 | 50 | 4.145 | 0.616 | 5.884 | 0.586 | 5.33 | 3.96 |
| | | | 20 | 4.146 | 0.582 | 10.787 | 1.070 | 5.00 | 7.70 |
| | | | 10 | 4.124 | 0.570 | 13.729 | 1.365 | 4.95 | 9.90 |
| | | | 0 | 4.103 | 0.558 | 19.613 | 1.950 | 4.85 | 14.40 |
| 8.4 | -4 | 1010 | 50 | 4.103 | 0.593 | 6.865 | 0.680 | 5.15 | 4.75 |
| | | | 20 | 4.061 | 0.570 | 11.768 | 1.170 | 5.00 | 8.40 |
| | | | 10 | 4.061 | 0.558 | 15.691 | 1.550 | 4.90 | 11.40 |
| | | | 0 | 4.061 | 0.547 | 22.555 | 2.230 | 4.80 | 16.70 |
| 12.2 | -5 | 1015 | 50 | 4.061 | 0.582 | 6.865 | 0.677 | 5.08 | 4.80 |
| | | | 20 | 4.019 | 0.547 | 13.729 | 1.350 | 4.80 | 10.10 |
| | | | 10 | 3.998 | 0.541 | 18.833 | 1.840 | 4.80 | 13.80 |
| | | | 0 | 3.977 | 0.535 | 25.497 | 2.510 | 4.77 | 18.90 |
| 16.0 | -7 | 1020 | 50 | 4.019 | 0.558 | 7.845 | 0.770 | 4.90 | 5.65 |
| | | | 20 | 3.936 | 0.535 | 14.710 | 1.450 | 4.80 | 10.30 |
| | | | 10 | 3.915 | 0.523 | 20.594 | 2.020 | 4.72 | 15.40 |
| | | | 0 | 3.894 | 0.512 | 28.439 | 2.790 | 4.63 | 21.60 |
| | | | -5 | 3.894 | 0.500 | 34.323 | 3.370 | 4.55 | 26.60 |

(续)

| 浓度 ξ (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|----------------------|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|---------------|
| 19.8 | -10 | 1025 | 50 | 3.977 | 0.547 | 7.845 | 0.760 | 4.80 | 5.70 |
| | | | 20 | 3.994 | 0.523 | 16.671 | 1.630 | 4.70 | 12.50 |
| | | | 10 | 3.873 | 0.512 | 22.555 | 2.200 | 4.65 | 17.00 |
| | | | 0 | 3.852 | 0.500 | 31.381 | 3.060 | 4.55 | 24.20 |
| | | | -5 | 3.852 | 0.488 | 38.246 | 3.730 | 4.49 | 30.00 |
| 23.6 | -13 | 1030 | 50 | 3.935 | 0.523 | 8.826 | 0.858 | 4.66 | 6.60 |
| | | | 20 | 3.852 | 0.500 | 17.652 | 1.720 | 4.53 | 13.70 |
| | | | 10 | 3.810 | 0.494 | 25.497 | 2.480 | 4.53 | 19.60 |
| | | | 0 | 3.768 | 0.488 | 35.304 | 3.440 | 4.53 | 27.40 |
| | | | -10 | 3.768 | 0.488 | 50.995 | 4.950 | 4.53 | 39.40 |
| 27.4 | -15 | 1035 | 50 | 3.852 | 0.512 | 8.826 | 0.855 | 4.62 | 6.70 |
| | | | 20 | 3.768 | 0.488 | 19.613 | 1.900 | 4.50 | 15.20 |
| | | | 0 | 3.726 | 0.477 | 39.227 | 3.800 | 4.45 | 31.00 |
| | | | -10 | 3.684 | 0.477 | 56.879 | 5.500 | 4.50 | 44.00 |
| | | | -15 | 3.663 | 0.471 | 70.608 | 6.830 | 4.47 | 55.00 |
| 31.2 | -17 | 1040 | 50 | 3.810 | 0.500 | 9.807 | 0.940 | 4.55 | 7.50 |
| | | | 20 | 3.726 | 0.477 | 21.575 | 2.070 | 4.45 | 16.80 |

(续)

| 浓度 c (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|--------------------|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|---------------|
| 35 | -21 | 1045 | 0 | 3.643 | 0.465 | 44.130 | 4.250 | 4.45 | 34.50 |
| | | | -10 | 3.643 | 0.465 | 66.685 | 6.450 | 4.45 | 52.00 |
| | | | -15 | 3.622 | 0.459 | 82.376 | 7.900 | 4.40 | 65.00 |
| | | | 50 | 3.726 | 0.477 | 10.787 | 1.030 | 4.40 | 8.40 |
| | | | 20 | 3.643 | 0.465 | 24.517 | 2.350 | 4.40 | 19.20 |
| | | | 0 | 3.559 | 0.465 | 49.033 | 4.700 | 4.50 | 37.70 |
| | | | -10 | 3.559 | 0.454 | 76.492 | 7.350 | 4.40 | 60.00 |
| | | | -15 | 3.539 | 0.454 | 93.163 | 8.900 | 4.40 | 73.00 |
| | | | -20 | 3.517 | 0.454 | 117.680 | 11.300 | 4.45 | 92.00 |
| | | | 38.8 | -26 | 1050 | 50 | 3.684 | 0.465 | 11.768 |
| 20 | 3.559 | 0.454 | | | | 27.459 | 2.630 | 4.35 | 21.60 |
| 0 | 3.517 | 0.454 | | | | 55.898 | 5.320 | 4.40 | 44.00 |
| -10 | 3.475 | 0.454 | | | | 86.293 | 8.250 | 4.45 | 67.00 |
| -15 | 3.454 | 0.454 | | | | 107.873 | 10.300 | 4.50 | 82.00 |
| -20 | 3.433 | 0.454 | | | | 142.196 | 13.500 | 4.55 | 107.00 |
| -25 | 3.412 | 0.454 | | | | 186.326 | 17.800 | 4.55 | 144.00 |

(续)

| 浓度 ζ (重量%) | 凝固点 t_b ($^{\circ}\text{C}$) | 15 $^{\circ}\text{C}$ 时的 密度 ρ_{15} (kg/m^3) | 温度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 普朗特准数 Pr |
|------------------------|--|--|-------------------------------------|--|--|--|--|--|---------------|
| 42.6 | -29 | 1055 | 50 | 3.601 | 0.442 | 13.729 | 1.300 | 4.18 | 11.20 |
| | | | 20 | 3.475 | 0.442 | 29.420 | 2.780 | 4.35 | 23.00 |
| | | | 0 | 3.433 | 0.442 | 61.782 | 5.850 | 4.40 | 47.50 |
| | | | -10 | 3.391 | 0.442 | 96.105 | 9.100 | 4.45 | 73.00 |
| | | | -15 | 3.370 | 0.442 | 122.583 | 11.700 | 4.50 | 93.00 |
| | | | -20 | 3.349 | 0.442 | 160.829 | 15.200 | 4.50 | 122.00 |
| | | | -25 | 3.329 | 0.442 | 215.746 | 20.500 | 4.55 | 162.00 |
| 46.4 | -33 | 1060 | 50 | 3.517 | 0.430 | 15.691 | 1.480 | 4.15 | 12.80 |
| | | | 20 | 3.391 | 0.430 | 34.323 | 3.240 | 4.30 | 27.00 |
| | | | 0 | 3.349 | 0.430 | 68.647 | 6.280 | 4.40 | 51.50 |
| | | | -10 | 3.308 | 0.430 | 107.873 | 10.20 | 4.40 | 84.00 |
| | | | -15 | 3.287 | 0.430 | 137.293 | 13.00 | 4.45 | 105.00 |
| | | | -20 | 3.266 | 0.430 | 181.423 | 17.20 | 4.45 | 140.00 |
| | | | -25 | 3.245 | 0.430 | 240.263 | 22.60 | 4.50 | 180.00 |
| -30 | 3.224 | 0.430 | 323.619 | 30.50 | 4.55 | 242.00 | | | |

水的热物理性质

表 2-10

| 温度 t (°C) | 压力 ρ (kPa) | 密度 ρ (kg/m ³) | 焓 h (kJ/kg) | 比热容 c kJ/(kg·K) | 热导率 λ W/(m·K) | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m ² /h) | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ (Pa·s) | 运动粘度 $\nu \times 10^5$ (m ² /s) | 体膨胀系数 $\gamma \times 10^4$ (1/K) | 表面张力 $\sigma \times 10^4$ (N/m) | 普朗特 准数 Pr |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|--|--|---------------------------------------|-----------------|
| 0 | 101.01 | 999.87 | | 4.208 | 0.551 | 4.71 | 17.897 | 1.789 | -0.63 | 756.1 | 13.67 |
| 1 | | | 4.229 | | | | | | | | |
| 2 | | 999.97 | 8.415 | | | | | | | | |
| 3 | | | 12.644 | | | | | | | | |
| 4 | | 1000.00 | 16.831 | | | | | | | | |
| 5 | | | 21.060 | | 0.563 | | 15.132 | | | | |
| 6 | | 999.97 | 25.246 | | | | | | | | |
| 7 | | | 29.433 | | | | | | | | |
| 8 | | 999.88 | 33.662 | | | | | | | | |
| 9 | | | 37.849 | | | | | | | | |
| 10 | 101.01 | 999.73 | 42.035 | 4.191 | 0.575 | 4.94 | 13.043 | 1.305 | 0.70 | 741.4 | 9.52 |
| 11 | | | 46.222 | | | | | | | | |
| 12 | | 999.52 | 50.409 | | | | | | | | |
| 13 | | | 54.596 | | | | | | | | |
| 14 | | 999.27 | 58.783 | | | | | | | | |
| 15 | | | 62.969 | | 0.587 | | 11.425 | | | | |

(续)

| 温度 t (℃) | 压力 p (k·Pa) | 密度 ρ (kg/m ³) | 焓 h (kJ/kg) | 比热容 c kJ/(kg·K) | 热导率 λ W/(m·K) | 热扩散率 a × 10 ⁴ (m ² /h) | 动力粘度 η × 10 ⁴ (Pa·s) | 运动粘度 ν × 10 ⁶ (m ² /s) | 体膨胀系数 γ × 10 ⁴ (1/K) | 表面张力 σ × 10 ⁴ (N/m) | 普朗特 准数 Pr |
|----------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|--|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| 16 | | 998.97 | 67.156 | | | | | | | | |
| 17 | | | 71.343 | | | | | | | | |
| 18 | | 998.62 | 75.530 | | | | | | | | |
| 19 | | | 79.717 | | | | | | | | |
| 20 | 101.01 | 998.23 | 83.903 | 4.183 | 0.599 | 5.16 | 10.003 | 1.006 | 1.82 | 726.7 | 7.02 |
| 21 | | | 88.090 | | | | | | | | |
| 22 | | 997.80 | 92.277 | | | | | | | | |
| 23 | | | 96.464 | | | | | | | | |
| 24 | | 997.32 | 100.609 | | | | | | | | |
| 25 | | | 104.796 | | 0.608 | | 8.885 | | | | |
| 26 | | 996.81 | 108.982 | | | | | | | | |
| 27 | | | 113.169 | | | | | | | | |
| 28 | | 996.21 | 117.356 | | | | | | | | |
| 29 | | | 121.501 | | | | | | | | |
| 30 | 101.01 | 995.67 | 125.688 | 4.178 | 0.618 | 5.35 | 8.012 | 0.805 | 3.21 | 712.0 | 5.42 |

(续)

| 温度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 压力 p ($\text{k}\cdot\text{Pa}$) | 密度 ρ (kg/m^3) | 焓 h (kJ/kg) | 比热容 c $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 热扩散率 $a \times 10^4$ (m^2/h) | 动力粘度 $\eta \times 10^4$ ($\text{Pa}\cdot\text{s}$) | 运动粘度 $\nu \times 10^6$ (m^2/s) | 体膨胀系数 $\gamma \times 10^4$ ($1/\text{K}$) | 表面张力 $\sigma \times 10^4$ (N/m) | 普朗特 准数 Pr |
|-------------------------------------|---|--|---------------------------------------|--|--|--|--|--|---|---|--------------------------|
| 31 | | | 129.875 | | | | | | | | |
| 32 | | 995.05 | 134.061 | | | | | | | | |
| 33 | | | 138.248 | | | | | | | | |
| 34 | | 994.40 | 142.435 | | | | | | | | |
| 35 | | | 146.580 | | 0.626 | | 7.218 | | | | |
| 36 | | 993.71 | 150.767 | | | | | | | | |
| 37 | | | 154.953 | | | | | | | | |
| 38 | | 992.99 | 159.140 | | | | | | | | |
| 39 | | | 163.327 | | | | | | | | |
| 40 | 101.01 | 992.24 | 167.514 | 4.178 | 0.634 | 5.51 | 6.531 | 0.659 | 3.87 | 696.3 | 4.31 |

三、冷冻机油

(一) 国产冷冻机油

国产冷冻机油，石油化学工业部标准规格有13号、18号、25号、30号和企业标准规格40号五种牌

号，其规格见表2—11。其中13号冷冻机油除生产凝点 -40°C 以外，还生产凝点 -25°C 的，供蒸发温度较高的冷藏、空调、小化肥等制冷系统使用，选用时应注意。

各种型号压缩机使用冷冻机油规格见表2—12。

国产冷冻机油规格

表2—11

| 质量标准 | 技术标准 油品牌号 | SY1213-75 | | | | 企业标准 |
|--|--------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | | 13 | 18 | 25 | 30 | 40 |
| 运动粘度 50°C cSt | | 11—15 | 18—22 | 25—29 | 30—35 | 不小于40 |
| 闪点(开口)($^{\circ}\text{C}$)不高于 | | 160 | 160 | 170 | 180 | 190 |
| 凝点($^{\circ}\text{C}$)不高于 | | -40 | -40 | -40 | -40 | -40 |
| 浊点(与氟氯烷的混合液)($^{\circ}\text{C}$)不高于 | | — | -28 | — | — | — |
| 酸值, (mgKOH/g)不大于 | | 0.1 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.1 |
| 灰分 | | 0.01 | — | 0.01 | 0.01 | — |

(续)

| 质量标准 | 技术标准 | SY1213-75 | | | | 企业标准 |
|-------------------|------|-----------|----|----|----|------|
| | 油品牌号 | 13 | 18 | 25 | 30 | 40 |
| 水溶性酸或碱 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 机械杂质 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 水分 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 氧化后酸值(mgKOH/g)不大于 | — | 0.05 | — | — | — | — |
| 氧化后沉淀物(%)不大于 | — | 0.005 | — | — | — | — |

注：由石油馏分制成的产品允许加入不大于0.3%的降凝剂，但18号冷冻机油，不得加入降凝剂。

各种型号压缩机使用冷冻机油参考

表 2-12

| 压缩机型号 | 蒸发温度 (℃) | 冷凝温度 (℃) | 冷冻机油牌号 | |
|---|-------------|-------------|---------|------|
| | | | 使用制冷剂 | |
| | | | R12、R22 | R717 |
| 3FW-5B、6FW-5B、6FW-5、4FV-7B、 4FS-7B、6FW-7B、2F-4.8、2F-6.3、 2F-6.5、2F-10、4F-10 | -15 | 30 | 18号 | |

(续)

| 压缩机型号 | 蒸发温度 (℃) | 冷凝温度 (℃) | 冷冻机油牌号 | |
|--|-------------|-------------|---------|---------|
| | | | 使用制冷剂 | |
| | | | R12、R22 | R717 |
| 8FS-7B、2FV-10、6FW-10 8FS-10、6W-12.5、8S-12.5 | -15 | 30 | 18号、25号 | |
| 1/3F-10、2/6F-10 | -70 | 30 | 18号、25号 | |
| S4-12.5、S8-12.5 | -30 | 40 | 25号、30号 | 25号、30号 |
| 4AV-7K、6AW-7K、8AS-7K | -15 | 30 | | 13号、18号 |
| 6AW-10、8AS-10、4V-12.5 6W-12.5、8S-12.5 | -15 | 30 | | 18号、25号 |
| 4AV-17、6AW-17、8AS-17、8ASJ-17 | | | | 25号、30号 |

机油的国家规格分别载于表2—13、2—14、2—15、2—16、2—17。

(二)美、英、联邦德国、日、苏

五个国家的冷冻机油规格

美国、英国、联邦德国、日本和苏联五国冷冻

| 项 目 | 质 量 指 标 | | | |
|----------------|----------------|--------------------|------------------|--------|
| | I 类 | II 类 | III 类 | IV 类 |
| 运动粘度 37.8℃ cSt | 31.8—36.34 | 62.07—69.84 | — | >31.8 |
| 100℃ cSt | — | — | 21.29—26.06 | — |
| 闪点 (℃) 不低于 | 163 | 177 | 232 | 163 |
| 倾点 (℃) 不高于 | -37 | -32 | -17.8 | -37 |
| 凝点 (℃) 不高于 | -37 | -32 | -17.8 | -51 |
| 反 应 | 中性 | 中性 | 中性 | 中性 |
| 酸值(mgKOH/g)不大于 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 击穿电压(kV)不小于 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 残炭 (%) 不大于 | 0.1 | 0.3 | 1.25 | 0.2 |
| 灰分 (%) 不大于 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| 适用范围 | 二氧化硫活塞 式压缩机 | R12、R717活 塞式压缩机 | 特殊用途二级 旋转式压缩机 | R22压缩机 |

英国冷冻机油规格BS2626-1955

表 2-14

| 质量指标 | 标准号 | BS2626 | | | | DEF-2006 |
|-----------------------|-----|--------|--------|--------|--------|----------|
| | 牌号 | A | B | C | D | OM-70 |
| 运动粘度 37.8℃ cSt | | 10—30 | 30—55 | 55—80 | 80—115 | 55—80 |
| 闭口闪点(宾马法)(℃)不低于 | | 146 | 157 | 171 | 182 | 171 |
| 倾点(℃)不高于 | | -40 | -28.9 | -26 | -23 | -26 |
| 凝点(℃)不高于 | | | | | | -26 |
| 酸值(mgKOH/g)不大于 | | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 无机酸 | | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 皂化值(mgKOH/g)不大于 | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 水分 | | 通过爆声试验 | 通过爆声试验 | 通过爆声试验 | 通过爆声试验 | 通过爆声试验 |
| 沥青质含量 | | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 抗氧化安定性: | | | | | | |
| 酸值(mgKOH/g)不大于 | | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 沥青质(%)不大于 | | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 蜡含量(-40℃R12不溶物) % 不大于 | | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | — |

联邦德国冷冻机油规格 (最低要求) DIN51503

表 2-15

| 项 目 | 质 量 指 标 | |
|-------------------------------------|---|--|
| | A | C |
| 运动粘度, cSt 最低 | 制冷机的蒸发温度在 -20 — -30°C 时: 20 $^{\circ}\text{C}$ 时为 33 50 $^{\circ}\text{C}$ 时为 10 制冷机的蒸发温度高于 -20°C 时: 20 $^{\circ}\text{C}$ 时为 53 50 $^{\circ}\text{C}$ 时为 14 | 20 $^{\circ}\text{C}$ 时为 76 50 $^{\circ}\text{C}$ 时为 17 |
| 外 观 | 清 亮 | — 清 亮 |
| 闪点, $^{\circ}\text{C}$ 不低于 | 160 | 160 |
| 中和值, mgKOH/g 最大 | 0.08 (不含无机酸和碱) | 0.08 (不含无机酸和碱) |
| 皂化值, mgKOH/g 最大 | 0.20 | 0.20 |
| []形管中流动性, $^{\circ}\text{C}$ 等于或低于 | 制冷机蒸发温度为 -20 — -30°C 时 为 -30°C 制冷机蒸发温度高于 -20°C 时 为 -20°C | -25 |
| 水分 (交货时) | 油槽车中的油, 放出 10 升应不含可沉出的水; 桶装的油, 在室温下应不含可沉出的水; 防水气的小桶中的油, 含水不超过 30 毫克/公斤 | |

(续)

| 项 目 | 质 量 指 标 | |
|-------------------|-------------|-----------------|
| | A | C |
| 用R12时的制冷剂性能, 小时最少 | — | 96 |
| R12不溶物, % (重) 最高 | — | 0.05 |
| 适 用 范 围 | 用于氨和二氧化碳制冷机 | 用于氟利昂或氯的化合物的制冷机 |

日本国冷冻机油规格JISK2211-1963

表 2—16

| 项 目 | 质 量 指 标 | | | | |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|
| | 1号 | 特2号 | 2号 | 特3号 | 3号 |
| 运动粘度, cSt: | | | | | |
| 30℃ | 16—26 | 32—42 | 32—42 | 69—79 | 69—79 |
| 50℃ 大于 | 9.0 | 13.5 | 13.5 | 22.0 | 22.0 |
| 闪点 (开口) (℃) 高于 | 145 | 155 | 155 | 165 | 165 |
| 凝点 (℃) 低于 | -35 | -27 | -27 | -27 | -22 |
| 色度 (联合法) 小于 | 2 | 2.5 | 2.5 | 3 | 3 |

(续)

| 项 目 | 质 量 指 标 | | | | |
|--------------|---------|-----|-----|-----|-----|
| | 1号 | 特2号 | 2号 | 特3号 | 3号 |
| 反 应 | 中 性 | 中 性 | 中 性 | 中 性 | 中 性 |
| 抗乳化度 (s) 小于 | 150 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 绝缘强度 (kV) 大于 | — | 25 | — | 25 | — |
| 噪声试验 | — | 合 格 | 合 格 | 合 格 | 合 格 |

注：上述五种牌号与通常名称关系如下：1号——90号冷冻机油；特2号——150号电冰箱油；2号——150号冷冻机油；特3号——300号电冰箱油；3号——300号冷冻机油。

苏联冷冻机油规格ГОСТ5546-66

表2—17

| 项 目 | 质 量 指 标 | | | | | |
|----------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|----------------|------------|
| | XA | XA-23 | XA-30 | XΦ12-18 | XΦ22-24 | XΦ22C-16 |
| 运动粘度, cSt 20℃不大于 50℃ | — 11.5—14.5 | 110 22—24 | 150 28—32 | — 不小于18.0 | — 24.5—28.4 | — 不小于16 |

(续)

| 项 目 | 质 量 指 标 | | | | | |
|-----------------------|--|-------|-------|------------|---------|----------|
| | XA | XA-23 | XA-30 | XΦ12-18 | XΦ22-24 | XΦ22C-16 |
| 闪点(开口)(℃)不低于 | 160 | 175 | 185 | 160 | 125 | 225 |
| 凝点(℃)不高于 | -40 | -38 | -38 | -40 | -55 | -58 |
| 浊点(与R-12混合)不高于 | — | — | — | -28 | — | — |
| 酸值, mgKOH/g不大于 | 0.10 | 0.07 | 0.07 | 0.03 | 0.05 | 0.35 |
| 灰分(%)不大于 | 0.010 | 0.005 | 0.005 | — | — | — |
| 抗氧化安定性: | | | | | | |
| 氧化后沉淀(%)不大于 | — | 0.02 | 0.02 | 0.005 | — | 0.02 |
| 氧化后酸值, mg KOH/g不大于 | — | 0.6 | 0.6 | 0.05 | — | 0.4 |
| 腐蚀试验 | 合格 | 合格 | 合格 | 合格 | 合格 | 合格 |
| 水溶性酸或碱 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 机械杂质 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 水分 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 | 无 |
| 色度(无添加剂时2号玻璃片), 毫米不小于 | — | — | — | 40 | — | — |
| 酚含量 | — | 无 | 无 | — | — | — |
| 适用范围 | 用于NH ₃ 或CO ₂ 制冷压缩机 | | | 用于氟利昂制冷压缩机 | | |

第三章 冷库库容量、制冷负荷计算及易腐食品冷藏方面参考资料

一、食品冷库的概述

(一) 食品冷库的分类

食品冷库按生产性质可分为三类：即生产性冷库、分配性冷库和零售性冷库。

1. 生产性冷库主要建在货源较集中的产区，作为肉、禽、蛋、鱼、水果、蔬菜加工厂的冷冻车间使用。食品在此进行冷冻加工并短期冷藏贮存后即

运往其它销售地区。它的特点是冷冻加工的能力较大，有一定容量的周转用冷库。

鱼类生产性冷库为了供应鱼船用冰，设有较大的制冰能力和贮冰间。

2. 分配性冷库一般是建在大中城市、水陆交通枢纽和人口较多的工矿区，作为市场供应、中转运输和贮存食品所用，其特点是冻结量小，冷藏量大，而且要考虑多种食品的贮存。由于冷藏量大，进出货比较集中，因此要求库内运输流畅，吞吐迅速。

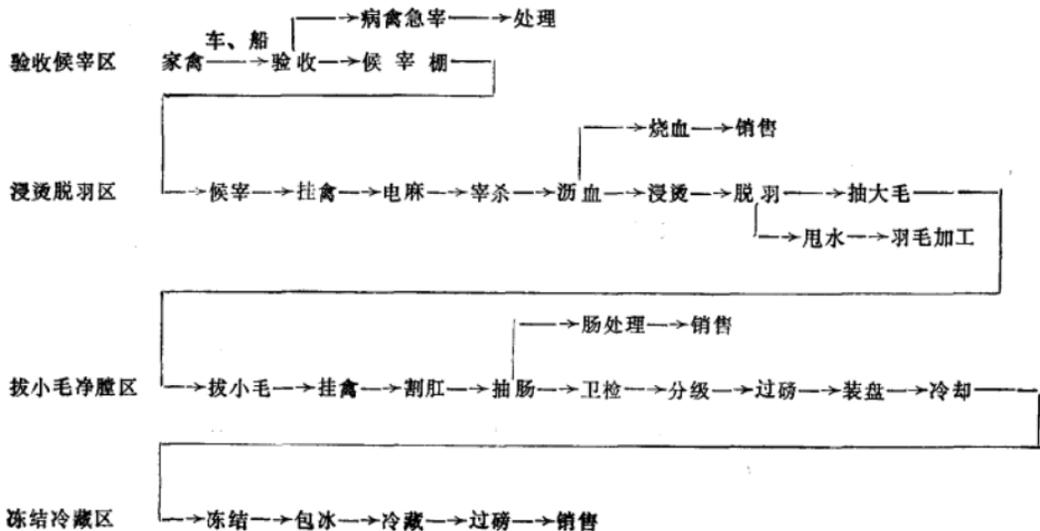
3. 零售性冷库一般是建在城市的大型副食商店

2. 鱼类生产工艺流程

鲜鱼→挑选→整理→清洗→分级装盘→冻结→

脱盘→包冰衣→过磅→冻结物冷藏→过磅→销售。

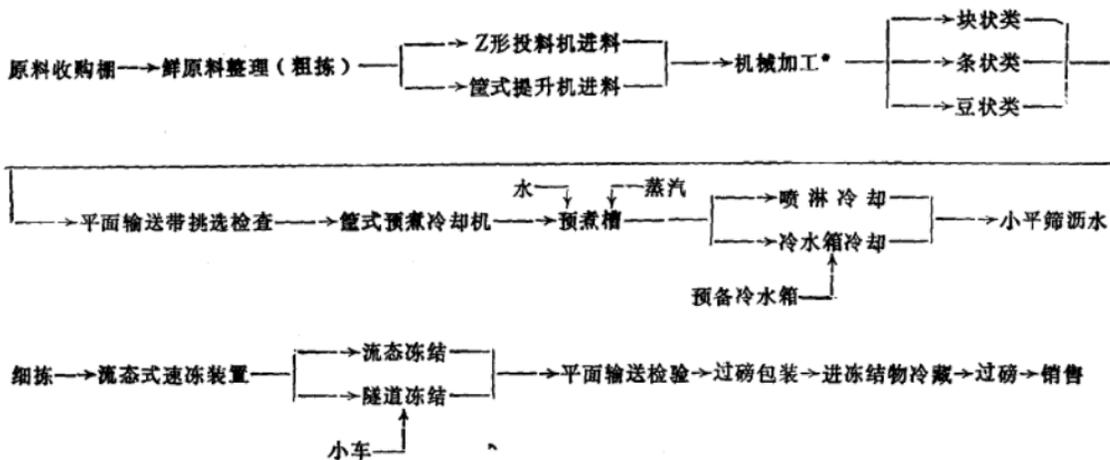
3. 家禽生产工艺流程



4. 蛋品生产工艺流程



5. 速冻蔬菜生产工艺流程



* 该工序对不同种蔬菜按不同要求, 采用不同刀具达到去皮、剥壳、切块、切头、筛选。

6. 水果生产工艺流程

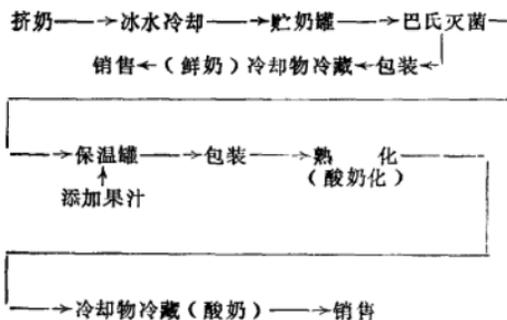
水果挑选、分级、过磅、装箱 → 冷却* → 冷却物

冷藏 → 过磅 → 销售。

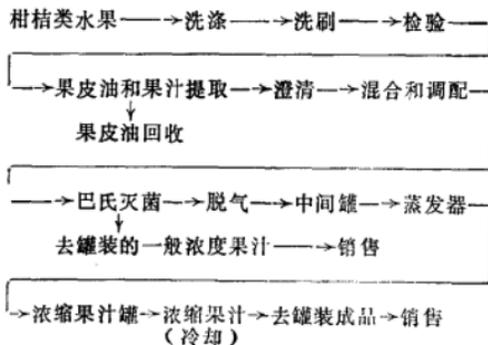
7. 冷饮食品生产工艺流程

* 如果水果不超过库房容量的 8% 可直接进入冷却物冷藏, 不需经过冷却这一阶段。

(5) 酸乳和乳品加工过程:



(6) 果汁加工生产过程:



(三) 食品冷库制冷的的基础资料

表 3-1

| 序号 | 室名 | 室温 (℃) | 相对湿度 (%) | 制冷设备 | 进货温度 (℃) | 出货温度 (℃) | 冷加工时间 (h) | 每米吊轨载货量 (kg) | 每立方米容积载货量 (kg) | 每平方米载货量 (kg) | 备注 |
|----|------|--------|----------|-------|----------|----------|-----------|--------------|----------------|--------------|---------|
| 1 | 冷却间 | | | | | | | | | | |
| | (1)肉 | -2 | 90 | 干式冷风机 | +35 | +4 | 20/10 | 200—230 | | | 分母为快速冷却 |

(续)

| 序号 | 室名 | 室温 (℃) | 相对湿度 (%) | 制冷设备 | 进货温度 (℃) | 出货温度 (℃) | 冷加工时间 (h) | 每米吊轨 载货量 (kg) | 每立方米 容积载货量 (kg) | 每平方米 地板载货量 (kg) | 备注 |
|----|------------|-----------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 1 | (2)分割肉副产品 | ±0 | 90 | 干式冷风机 | +30 | +4 | 20 | | | 100 | 内销副产品不冷却 |
| 2 | 冻结间 | | | | | | | | | | |
| | (1)肉 | -23—-30 | | 干式冷风机 | +30/+4* | -15 | 20/10** | 200—230 | | | *分子为一次冻结 **分母为快速冻结 |
| | (2)副产品、分割肉 | -23—-30 | | 干式冷风机 或吹风式搁架 排管 | +30/+4* | -15 | 20/24—72** | 每平方米搁架 60—80 | | 200 | *分子为未经冷却 **分母为分割肉。24h为铁盘装, 72h为纸盒装 |
| | (3)禽、兔 | -23—-30 | | 干式冷风机 或吹风式搁架 排管 | +30—+25 | -15 | 24—40/80* | 每平方米搁架 60—80 | | | *分子为铁盘装 分母为纸盒装 |
| | (4)盘装冰蛋 | -23—-30 | | 干式冷风机 或吹风式搁架 排管 | | -15 | 24 | 每平方米搁架 60—80 | | | |

(续)

| 序号 | 室名 | 室温 (℃) | 相对湿度 (%) | 制冷设备 | 进货 温度 (℃) | 出货 温度 (℃) | 冷加工时间 (h) | 每米吊轨 载重量 (kg) | 每立方米容 积载重量 (kg) | 每平米 地板载 重量 (kg) | 备注 |
|----|---------|-----------|-------------|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 2 | (5)听装冰蛋 | -23--30 | | 干式冷风机 或吹风式搁架 排管 | | -15 | 52 | | | | |
| | (6)鱼虾 | -23--30 | | 干式冷风机 或吹风式搁架 排管 | +15 | -15 | 12/8* | 400-540/ 270** | | | *分子为鱼分母 为虾 **吊笼悬挂,分 子为鱼分母为虾 |
| 3 | 冷却物冷藏间 | ±0--2 | 85-90 | 干式冷风机 | +25/+4* | ±0--2 | 24-72 | | 230-260 | | *分子为未经冷却 |
| 4 | 冻结物冷藏间 | -18--20 | 90-95 | 干式冷风机 或墙、顶排管 | -15/-8 | -18--20 | 24/48 | | 400-600 | | 用于式冷风机时 货间风速应不大于 0.5m/s |
| 5 | 冷却物包装间 | 常温 | | | | | | | | | |
| 6 | 冻结物包装间 | -5 | | 干式冷风机 或墙管 | | | | | | | |
| 7 | 贮冰间 | -4--6 | | 干式冷风机 或顶排管 | ±0 | -4 | | | 750 | | 不能采用翅片管 |
| 8 | 再冻间 | -23 | | 干式冷风机 | -8 | -15 | 20 | 200-230 | | | |

(四) 冷库各冷间生产能力和容量

表 3—2

| 序号 | 库 房 名 称 | 生 产 性 冷 库 | 分 配 性 冷 库 |
|----|--------------|---|---|
| 1 | 冷 却 间 | 1. 按屠宰能力扣除市销和不需冷冻加工数计算 2. 按冷却间内设置的吊轨或搁架计算见公式(3—1)、(3—2) | 1. 按每昼夜运入需冷却的最大量计算 2. 按冷却间内设置的吊轨或搁架计算见公式(3—1)、(3—2) |
| 2 | 冻 结 间 | 1. 肉类、禽兔类按冷却能力的60—100%计算 2. 鱼类按汛期每昼夜最大进货量扣除市销和不需冷冻加工数计算 3. 按冻结间内设置的吊轨或搁架计算见公式(3—1)、(3—2) | 1. 按冷却量扣除市销量计算 2. 按冻结间内设置的吊轨或搁架计算见公式(3—1)、(3—2) |
| 3 | 冷 却 物 冷 藏 间* | 1. 按冷却能力的3—5倍计算 2. 按冷间公称容积, 堆存食品的种类计算见公式(3—3) | 1. 按3—5倍, 以2%的冷却能力作市销 2. 按冷间公称容积, 堆存食品的种类计算见公式(3—3) |
| 4 | 冻 结 物 冷 藏 间 | 1. 肉类按冻结能力的20—50倍计算 2. 鱼类按冻结能力的20—30倍计算 3. 禽兔类按冻结能力的6—10倍计算 4. 按冷间公称容积, 堆存食品种类计算, 见公式3—3 | 1. 按冻结能力的30—120倍计算 2. 按全年度每月进货、出货的最大量计算 3. 按冷间公称容积, 堆存食品种类计算。见公式3—3 |

(续)

| 序号 | 库房名称 | 生产性冷库 | 分配性冷库 |
|----|------|---|--|
| 5 | 制冰 | 按最高月销量的日平均计算(包括供应冷库运出冷冻食品需用的耗冰量) | 按最高月销量的日平均计算(包括供应冷库运出冷冻食品需用的耗冰量) |
| 6 | 贮冰间 | 1.按制冰能力的7—10倍计算 2.按贮冰间公称容积,堆冰荷载不超过2000kg/m ² 为宜 | 1.按制冷能力的7—10倍计算 2.按贮冰间公称容积,堆冰荷载不超过2000kg/m ² 为宜 |
| 7 | 再冻间 | | 1.按经过冷藏后转运来的低温肉食品外表化冻比例而定,在肉体温度高于-8℃者,均需“再冻”,其再冻量约为冻结物冷藏量的0.2—0.3% 2.设置吊轨或搁架的按公式(3—1)、(3—2) |

注: *如冷却物冷藏间系贮存冷却肉者,则应按冷却间或冻结间装设吊轨,其冷间容量计算法见公式(3—1)。

一般习惯,市销肉类不经过冷却工序加工,所以不需设冷却肉冷藏间。

1.冷却间、冻结间等生产加工房间,其设置的吊轨轨面标高(离地面)分为2.20, 2.30, (2.35), 2.45, 2.75, 3.35等数种(有括号者为不常用)。吊轨间距冷却间、冻结间内750—850mm,卸货间、外室、公路站台、铁路站台方面1000—1500mm(站台上若设吊轨,最少装2根轨线)。

2.各类冷间生产指标的决定,应按上级批准的计划任务书为准。本表所列数据仅供参考。

1. 冷却间、冻结间生产能力计算

冷却间、冻结间的生产能力，根据冷冻加工形式和时间（不包括进货、出货时间）确定。

(1) 设有吊轨的冷却间、冻结间，其计算公式：

$$G' = \frac{l \cdot g \cdot n}{1000} = \frac{l \cdot g \cdot 24}{1000 \cdot T} \quad (3-1)$$

式中：G'——冷却间、冻结间每日冷加工能力(t)。

l——吊轨有效总长度(m)。

g——吊轨单位长度净载货量(kg/m)。

n——每日冷却或冻结的周转次数。

T——冷却或冻结一周转的时间(h)。

24——每日小时数(h)。

1000——一吨换算成千克的数值(kg/t)。

吊轨单位长度净载货量g应按下列规定取值：

肉类：人工推动 $g = 200-230 \text{ kg/m}$

机械传动 $g = 170-210 \text{ kg/m}$

鱼：15千克盘装 $g = 400 \text{ kg/m}$

20千克盘装 $g = 540 \text{ kg/m}$

虾： $g = 270 \text{ kg/m}$

吊轨的轨距及轨面高度，应按吊挂食品和运载工具的实际尺寸、通风间距及必要的操作空间确定，一般可按表3—3选用。

吊轨轨距和轨面高度 表3—3

| 食品类别 | 轨距(mm) | 轨面高度(mm) |
|------|----------------|-----------|
| 猪白条肉 | 人工推动：750—850 | 2300—2500 |
| | 机械推动：900—1000 | |
| 鱼 虾 | 人工推动：1000—1100 | 2100—2300 |

注：冻牛羊肉的轨距和轨面高度可按当地的牛羊体形大小确定。

(2) 设有搁架式排管的冷却间、冻结间，其计算公式：

$$G' = \frac{n \cdot A}{a} \cdot \frac{g}{1000} \cdot \frac{24}{T} \quad (3-2)$$

式中：G'——冷却间、冻结间每日冷加工能力，(t)。

n——搁架利用系数。

A——搁架各层水平面积之和（不包括弯头部分）(m²)。

a——每件（盘、听或箱）冻结食品容器所占面积，(m²)。

g——每件食品净重(kg)。

24——每日小时数(h)。

T——冷却或冻结一周转的时间(h)。

1000——一吨换算成千克的数值(kg/t)。

搁架利用系数n可按下列规定取值：

冷加工盘装食品 $n=0.85-0.90$

冷加工听装食品 $n=0.70-0.75$

冷加工箱装食品 $n=0.70-0.85$

2. 冷却物冷藏间、冻结物冷藏间及贮冰间的容量计算

所有冷库内的冷却物冷藏间、冻结物冷藏间的容量总和（有时也包括贮冰间的容量），是标志该冷库的总容量，也称冷库贮藏吨位数，其计算公式：

$$G = \frac{\sum V \rho \eta}{1000} \quad (3-3)$$

式中：G——冷库贮藏吨位(t)。

V——冷藏间、贮冰间的公称容积(m³)。

ρ——食品的计算密度(kg/m³)。

η——冷藏间、贮冰间的容积利用系数。

1000——一吨换算成千克的数值(kg/t)。

公称容积为冷藏间或贮冰间的净面积（不扣除柱、门斗和制冷设备所占的面积）乘以房间净高。食品的计算密度可按表3-4规定采用。

食品的计算密度

表 3-4

(续)

| 序号 | 食品名称 | 密度(kg/m ³) |
|----|------------|------------------------|
| 1 | 冻猪白条肉 | 400 |
| 2 | 冻牛白条肉 | 330 |
| 3 | 冻羊腔 | 250 |
| 4 | 块装冻副骨肉或副产品 | 600 |
| 5 | 块装冻鱼 | 470 |
| 6 | 块装冻冰蛋 | 630 |
| 7 | 冻猪油(冻动物油) | 650 |
| 8 | 罐冰蛋 | 600 |
| 9 | 纸箱冻家禽 | 550 |
| 10 | 盘冻鸡 | 350 |
| 11 | 盘冻鸭 | 450 |
| 12 | 盘冻蛇 | 700 |
| 13 | 纸箱冻蛇 | 450 |
| 14 | 纸箱冻兔(带骨) | 500 |
| 15 | 纸箱冻兔(去骨) | 650 |
| 16 | 木箱鲜鸡蛋 | 300 |
| 17 | 篓装鲜鸡蛋 | 230 |
| 18 | 篓装鸭蛋 | 250 |
| 19 | 筐装新鲜水果 | 220(200—230) |

| 序号 | 食品名称 | 密度(kg/m ³) |
|----|-------------------------|------------------------|
| 20 | 箱装鲜水果 | 300(270—330) |
| 21 | 托板式活动货担存菜 | 250 |
| 22 | 木杆搭固定货架存蔬菜 (不包括架间距离) | 220 |
| 23 | 篓装蔬菜 | 250(170—340) |
| 24 | 机制冰 | 750 |
| 25 | 其它 | 按实际密度采用 |

注：同一冷库如同时存放猪、牛、羊肉(包括禽兔)时，其密度均按400kg/m³计；当只存冻羊腔时，密度按250kg/m³计；只存冻牛、羊肉时，密度按330kg/m³计。

冷藏间容积利用系数不应小于表 3-5 的规定值。

冷藏间容积利用系数

表 3-5

| 公称容积(m ³) | 容积利用系数(η) |
|-----------------------|-----------|
| 500—1000 | 0.40 |
| 1001—2000 | 0.50 |

(续)

| 公称容积(m ³) | 容积利用系数(η) |
|-----------------------|------------------|
| 2001—10000 | 0.55 |
| 10001—15000 | 0.60 |
| >15000 | 0.62 |

注：1.对于仅贮存冻结食品或冷却食品的冷库，表内公称容积为全部冷藏间公称容积之和；对于同时贮存冻结食品和冷却食品的冷库，表内公称容积分别为冻结食品冷藏间或冷却食品冷藏间各自的公称容积之和。

2.蔬菜冷库的容积利用系数应按表3—5数值乘以0.8的修正系数。

贮冰间容积利用系数不应小于表3—6的规定值。

贮冰间容积利用系数 表3—6

| 贮冰间净高(m) | 容积利用系数 |
|-----------|--------|
| ≤4.20 | 0.4 |
| 4.21—5.00 | 0.5 |
| 5.01—6.00 | 0.6 |
| >6.00 | 0.65 |

家畜家禽每吨头(或只)数 表3—7

| 序号 | 家畜、家禽种类 | 每吨头数(或只数) | 序号 | 家畜、家禽种类 | 每吨头数(或只数) |
|----|---------|-----------|----|----------|-----------|
| 1 | 猪 | 15—22 | 4 | 鸡 | 1000 |
| 2 | 羊 | 80—100 | 5 | 鸭(指北京填鸭) | 500 |
| 3 | 牛 | 8—10 | 6 | 兔 | 900—1100 |

* 表里的每吨，是指经屠宰后家畜，家禽需进入冷藏库的半成品，并非指鲜活畜、禽的重量。仅供参考。

3. 冷间内货垛距建筑物、设备尺寸

表3—8

| 序号 | 项 目 | 距离(m) |
|----|---|------------------------------|
| 1 | 货垛与下列建筑物表面及设备之间的距离： 距冻结物冷藏间平顶 距冷却物冷藏间平顶 距顶排管下侧 距顶排管侧侧 | 0.20 0.30 0.30 0.20 |

(续)

| 序号 | 项 目 | 距离(m) |
|----|----------------------|-----------|
| 1 | 货垛与下列建筑物表面及设备的距离: | |
| | 距无墙排管的墙 | 0.20 |
| | 距墙排管外侧 | 0.40 |
| | 距风道喷风口中心(下侧) | 0.30 |
| 2 | 距冷风机周围 | 1.50 |
| | 顶排管、墙排管与下列建筑物的距离: | |
| | 翅片式顶排管与平顶或梁底表面 | 0.30—0.40 |
| | 翅片式墙排管与墙表面 | 0.20 |
| 3 | 光滑顶排管与平顶或梁底表面 | 0.25—0.40 |
| | 光滑墙排管与墙壁表面 | 0.15 |
| | 货垛如需按批次堆存时,垛间距离: | |
| | 鲜蛋类(箱装者可取“距离”中较小的数值) | 0.30—0.40 |
| 4 | 鲜果类(箱装者可取“距离”中较小的数值) | 0.30—0.40 |
| | 其 它 | 0.10—0.15 |
| | 冷间内走道宽度: | 手工搬运 |
| | 冷间宽度在10m以内的,在一侧留走道 | 1.20—1.50 |
| | 冷间宽度在10—20m,在冷间中央留走道 | 机械搬运 |
| | 冷间宽度超过20m,每10m宽留一走道 | 1.80—2.20 |

二、冷库冷间负荷计算

(一)室外计算参数的确定

冷库设计的室外气象参数除应采用现行的《采暖通风和空气调节设计规范》的规定外,尚应符合下列规定:

1.冷间围护结构传入热量计算的室外计算温度,应采用夏季空气调节日平均温度。计算冷间围护结构最小总热绝缘系数时的室外空气相对湿度,应采用最热月月平均相对湿度。

2.开门热量和冷间换气热量计算的室外温度,应采用夏季通风温度;室外相对湿度应采用夏季通风室外计算相对湿度。

3.蒸发式冷凝器计算的湿球温度应采用夏季室外平均每年不保证50小时的湿球温度。

4.鲜蛋、水果、蔬菜及其包装材料的进货温度

以及计算水果、蔬菜冷却时呼吸热量的初始温度，均按当地进货旺月的月平均温度计算。如建设单位未能提供确切的旺月的月平均温度时，可按夏季空

气调节日平均温度乘以季节修正系数 n_1 采用。季节修正系数 n_1 见表3—32。

各主要城市部分气象资料

表3—9

| 地名 | 台站位置 | | | 室外计算温度(℃) | | 夏季室外平均每年不保证50小时的湿球温度(℃) | 室外计算相对湿度(%) | | 极端最低温度(℃) | 极端最高温度(℃) | 最大冻土深度(cm) | 大气压力(kPa) | |
|-----|--------|---------|-------|-----------|----------|-------------------------|-------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|
| | 北纬 | 东经 | 海拔(m) | 夏季通风 | 夏季空调节日平均 | | 最热月平均 | 夏季通风 | | | | 冬季 | 夏季 |
| 北京市 | | | | | | | | | | | | | |
| 北京 | 39°48' | 116°28' | 31.2 | 30 | 29 | 26.4 | 77 | 63 | -27.4 | 40.6 | 85 | 102.391 | 100.125 |
| 密云 | 40°23' | 116°50' | 71.6 | 29 | 29 | 26.1 | 77 | 62 | -27.3 | 40.0 | 69 | 101.725 | 99.592 |
| 天津市 | | | | | | | | | | | | | |
| 天津 | 39°06' | 117°10' | 3.3 | 30 | 29 | 27.2 | 79 | 66 | -22.9 | 39.7 | 69 | 102.658 | 100.525 |
| 武清 | 39°24' | 117°06' | 6.1 | 30 | 29 | 27.0 | 79 | 65 | -22.0 | 39.9 | 62 | 102.658 | 100.525 |
| 塘沽 | 38°59' | 117°43' | 5.4 | 29 | 29 | 26.7 | 78 | 69 | -18.3 | 39.9 | 59 | 102.658 | 100.525 |
| 上海市 | | | | | | | | | | | | | |
| 上海 | 31°10' | 121°26' | 4.5 | 32 | 30 | 28.3 | 83 | 67 | -9.4 | 38.9 | 8 | 102.658 | 100.525 |
| 崇明 | 31°37' | 121°27' | 2.2 | 31 | 30 | 28.0 | 85 | 73 | -10.5 | 36.9 | — | 102.658 | 100.525 |
| 松江 | 31°00' | 121°15' | 4.3 | 31 | 30 | 28.5 | 85 | 72 | -9.2 | 38.2 | — | 102.658 | 100.525 |
| 金山 | 30°54' | 121°10' | 4.0 | 32 | 30 | 28.2 | 85 | 71 | -9.2 | 38.3 | 9 | 102.658 | 100.525 |

(续)

| 地名 | 台站位置 | | | 室外计算温度(℃) | | 夏季室外平均每年不保证50小时的湿球温度(℃) | 室外计算相对湿度(%) | | 极端最低温度(℃) | 极端最高温度(℃) | 最大冻土深度(cm) | 大气压力(kPa) | |
|-----|--------|---------|--------|-----------|-----------|-------------------------|-------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|
| | 北纬 | 东经 | 海拔(m) | 夏季通风 | 夏季空气调节日平均 | | 最热月平均 | 夏季通风 | | | | 冬季 | 夏季 |
| 河北省 | | | | | | | | | | | | | |
| 石家庄 | 38°04' | 114°26' | 81.8 | 31 | 30 | 26.7 | 75 | 55 | -26.5 | 42.7 | 53 | 101.725 | 99.592 |
| 保定 | 38°50' | 115°34' | 17.2 | 31 | 30 | 26.9 | 75 | 61 | -23.7 | 43.3 | 55 | 102.525 | 100.258 |
| 唐山 | 39°38' | 118°10' | 25.9 | 29 | 28 | 26.3 | 79 | 64 | -21.0 | 38.9 | 73 | 102.391 | 100.258 |
| 承德 | 40°58' | 117°50' | 375.2 | 28 | 27 | 24.3 | 72 | 57 | -23.3 | 41.5 | 126 | 98.125 | 96.258 |
| 邯郸 | 36°36' | 114°30' | 57.2 | 32 | 31 | 27.6 | 75 | 53 | -19.0 | 42.5 | 37 | 101.991 | 99.725 |
| 张家口 | 40°47' | 114°53' | 723.9 | 23 | 27 | 22.4 | 67 | 51 | -26.2 | 40.9 | 132 | 93.992 | 92.392 |
| 秦皇岛 | 39°51' | 119°37' | 1.8 | 28 | 27 | 25.8 | 80 | 71 | -21.5 | 39.9 | 80 | 102.658 | 100.525 |
| 邢台 | 37°04' | 114°30' | 76.8 | 31 | 30 | 27.4 | 76 | 56 | -22.4 | 41.8 | 44 | 101.725 | 99.592 |
| 沧州 | 38°20' | 116°55' | 11.4 | 30 | 30 | 27.4 | 77 | 63 | -20.6 | 42.9 | 52 | 102.658 | 100.391 |
| 遵化 | 40°12' | 117°57' | 54.9 | 29 | 28 | 26.3 | 79 | 64 | -25.7 | 40.3 | 106 | 101.991 | 99.858 |
| 昌黎 | 39°43' | 119°10' | 13.3 | 29 | 28 | 26.3 | 80 | 67 | -20.9 | 40.3 | 72 | 102.391 | 100.391 |
| 定县 | 38°31' | 115°01' | 54.5 | 31 | 30 | 27.1 | 76 | 58 | -20.3 | 42.4 | 59 | 101.991 | 99.858 |
| 山西省 | | | | | | | | | | | | | |
| 太原 | 37°47' | 112°33' | 777.9 | 28 | 27 | 23.3 | 71 | 57 | -25.5 | 39.4 | 77 | 93.325 | 91.859 |
| 运城 | 35°02' | 111°00' | 367.8 | 32 | 32 | 26.2 | 70 | 50 | -18.5 | 42.7 | 43 | 98.258 | 96.258 |
| 大同 | 40°06' | 113°20' | 1067.6 | 26 | 25 | 20.7 | 66 | 50 | -29.1 | 37.7 | 179 | 89.859 | 88.792 |
| 长治 | 36°12' | 113°07' | 926.5 | 27 | 26 | 23.1 | 76 | 57 | -29.3 | 37.6 | 73 | 91.592 | 90.392 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-------------|---------|---------|--------|---------------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|--------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最热 月月 平均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 山 西 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 临 汾 | 36°03' | 111°30' | 449.0 | 31 | 30 | 25.5 | 70 | 50 | -25.6 | 41.9 | 62 | 97.192 | 95.325 |
| 候 马 | 35°39' | 111°22' | 434.4 | 31 | 30 | 25.8 | 72 | 55 | -20.1 | 42.0 | 56 | 97.458 | 95.592 |
| 阳 泉 | 37°51' | 113°33' | 741.9 | 29 | 28 | 23.4 | 71 | 51 | -19.1 | 40.2 | 63 | 93.592 | 91.859 |
| 离 石 | 37°30' | 111°09' | 950.8 | 27 | 26 | 21.9 | 68 | 53 | -24.4 | 38.9 | 95 | 91.326 | 89.992 |
| 隰 县 | 36°47' | 110°54' | 1206.2 | 26 | 25 | 21.5 | 72 | 54 | -24.0 | 36.1 | 103 | 88.392 | 87.459 |
| 忻 县 | 38°25' | 112°43' | 791.1 | 23 | 26 | 23.4 | 73 | 55 | -27.8 | 38.8 | 83 | 93.192 | 91.726 |
| 五 寨 | 38°56' | 111°49' | 1400.0 | 25 | 23 | 19.7 | 70 | 51 | -38.1 | 35.2 | 140 | 86.393 | 85.593 |
| 兴 县 | 38°28' | 111°08' | 1012.6 | 28 | 27 | 22.0 | 62 | 48 | -29.3 | 38.9 | 111 | 90.392 | 89.459 |
| 榆 社 | 37°04' | 112°59' | 1041.4 | 27 | 25 | 22.0 | 72 | 54 | -24.1 | 37.0 | 76 | 90.259 | 89.192 |
| 内 蒙 古 自 治 区 | | | | | | | | | | | | | |
| 呼 和 浩 特 | 40°49' | 111°41' | 1063.0 | 26 | 25 | 20.3 | 65 | 50 | -32.8 | 37.3 | 120 | 90.126 | 88.926 |
| 锡 林 浩 特 | 43°57' | 116°04' | 989.5 | 25 | 25 | 19.8 | 62 | 44 | -42.4 | 38.3 | 289 | 90.526 | 89.592 |
| 磴 口 | 40°20' | 107°00' | 1055.1 | 28 | 28 | 21 | 53 | 37 | -32.4 | 38.2 | 108 | 90.259 | 88.926 |
| 博 克 图 | 48°46' | 121°55' | 738.7 | 23 | 21 | 19.4 | 79 | 57 | -37.5 | 35.6 | 250 | 92.925 | 92.259 |
| 赤 峰 | 42°16' | 118°58' | 571.1 | 28 | 27 | 22.5 | 66 | 49 | -31.4 | 42.5 | 201 | 95.459 | 94.125 |
| 集 宁 | 40°58' | 113°03' | 1416.5 | 24 | 23 | 19.2 | 65 | 49 | -33.8 | 35.7 | 191 | 85.993 | 85.326 |
| 海 拉 尔 | 49°13' | 119°45' | 612.9 | 25 | 23 | 19.9 | 72 | 48 | -48.5 | 36.7 | 241 | 94.659 | 93.459 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|--------|---------|---------|--------|---------------|-----------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|--------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季 调节 日平均 | | 最热 月平 均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 内蒙古自治区 | | | | | | | | | | | | | |
| 通 辽 | 43°36' | 122°16' | 178.5 | 28 | 27 | 24.3 | 73 | 57 | -30.9 | 39.1 | 149 | 100.258 | 98.392 |
| 乌兰浩特 | 46°05' | 122°03' | 274.7 | 26 | 26 | 22.7 | 71 | 52 | -33.9 | 39.9 | 245 | 98.925 | 97.325 |
| 满洲里 | 49°34' | 117°26' | 666.8 | 24 | 23 | 19.3 | 71 | 54 | -42.7 | 37.4 | 257 | 94.125 | 93.059 |
| 二连浩特 | 43°39' | 112°00' | 964.8 | 28 | 27 | 19.2 | 49 | 36 | -40.2 | 39.6 | 337 | 91.059 | 89.859 |
| 正镶白旗 | 42°18' | 115°00' | 1345.6 | 23 | 23 | 18.6 | 66 | 48 | -35.1 | 34.9 | 285 | 86.659 | 85.993 |
| 四子王旗 | 41°33' | 111°38' | 1489.1 | 24 | 23 | 18.4 | 61 | 42 | -38.8 | 34.5 | 250 | 85.059 | 84.393 |
| 正 蓝 旗 | 42°15' | 115°59' | 1300.1 | 23 | 22 | 18.9 | 71 | 53 | -35.4 | 33.6 | — | 87.059 | 86.526 |
| 多 伦 | 42°11' | 116°28' | 1245.4 | 23 | 22 | 19.4 | 73 | 53 | -39.8 | 35.4 | 198 | 87.726 | 87.059 |
| 包头麻池 | 40°36' | 109°50' | 1044.2 | 27 | 26 | 21.0 | 59 | 40 | -31.4 | 38.4 | 175 | 90.392 | 89.059 |
| 阿拉善左旗 | 38°50' | 105°40' | 1561.4 | 25 | 27 | 19 | 45 | 33 | -31.4 | 36.6 | — | 84.526 | 83.993 |
| 乌 海 | 39°54' | 106°48' | 1093.4 | 29 | 29 | 20.9 | 45 | 32 | -28.6 | 39.4 | 178 | 89.726 | 88.526 |
| 苏尼特右旗 | 42°43' | 112°42' | 1102.0 | 27 | 27 | 19.2 | 50 | 37 | -35.8 | 37.8 | 250 | 89.459 | 88.392 |
| 额济纳旗 | 41°14' | 101°34' | 956.0 | 31 | 30 | 20.5 | 36 | 25 | -35.3 | 41 | — | 91.592 | 89.992 |
| 辽宁省 | | | | | | | | | | | | | |
| 沈 阳 | 41°46' | 123°26' | 41.6 | 28 | 28 | 25.5 | 78 | 64 | -30.6 | 38.3 | 148 | 102.125 | 99.992 |
| 本 溪 | 41°19' | 123°47' | 212.8 | 28 | 28 | 24.4 | 75 | 62 | -32.3 | 37.3 | 149 | 100.525 | 98.658 |
| 锦 州 | 41°08' | 121°07' | 66.3 | 28 | 27 | 25.4 | 79 | 66 | -24.7 | 37.3 | 113 | 101.725 | 99.725 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-------|---------|---------|-------|---------------|-----------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|---------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季 调节 日平均 | | 最热 月平均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| 辽 宁 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 营 口 | 40°40' | 122°12' | 3.5 | 28 | 28 | 25.5 | 78 | 67 | -27.3 | 35.3 | 111 | 102.658 | 100.525 |
| 丹 东 | 40°03' | 124°20' | 15.1 | 27 | 26 | 25.1 | 86 | 75 | -28.0 | 34.3 | 88 | 102.391 | 100.525 |
| 大 连 | 38°54' | 121°38' | 93.5 | 26 | 26 | 25.1 | 84 | 77 | -21.1 | 35.3 | 93 | 101.325 | 99.458 |
| 抚 顺 | 41°50' | 123°54' | 81.7 | 28 | 27 | 25.2 | 79 | 64 | -35.2 | 36.9 | 143 | 100.925 | 99.325 |
| 盘 锦 | 41°11' | 122°01' | 4.6 | 27 | 27 | 25.4 | 81 | 69 | -28.2 | 35.2 | 117 | 102.525 | 100.525 |
| 鞍 山 | 41°07' | 122°55' | 21.6 | 29 | 28 | 25.5 | 77 | 64 | -30.4 | 36.9 | 118 | 102.391 | 100.258 |
| 海 城 | 40°53' | 122°43' | 25.1 | 28 | 28 | 25.5 | 78 | 67 | -33.7 | 36.5 | 118 | 102.258 | 100.258 |
| 绥 中 | 40°21' | 120°21' | 15.2 | 27 | 27 | 25.8 | 82 | 71 | -26.3 | 39.8 | 125 | 102.525 | 100.525 |
| 岫 岩 | 40°17' | 123°17' | 79.3 | 27 | 26 | 25.0 | 85 | 70 | -31.5 | 37.3 | 99 | 101.591 | 99.725 |
| 锦 西 | 40°44' | 120°53' | 17.5 | 27 | 27 | 25.1 | 82 | 69 | -25.0 | 41.5 | 112 | 102.391 | 100.258 |
| 熊 岳 | 40°10' | 122°09' | 20.4 | 28 | 27 | 25.5 | 78 | 68 | -28.5 | 36.6 | 105 | 102.391 | 100.258 |
| 凤 城 | 40°28' | 124°04' | 73.1 | 27 | 26 | 25.1 | 85 | 70 | -32.6 | 36.7 | 114 | 101.591 | 99.725 |
| 吉 林 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 长 春 | 43°54' | 125°13' | 236.8 | 27 | 26 | 24.2 | 78 | 63 | -36.5 | 38.0 | 169 | 99.458 | 97.725 |
| 四 平 | 43°11' | 124°20' | 164.2 | 27 | 27 | 24.5 | 78 | 64 | -34.6 | 36.6 | 145 | 100.391 | 98.658 |
| 延 吉 | 42°53' | 129°28' | 176.8 | 26 | 25 | 24.0 | 81 | 66 | -32.2 | 37.1 | 200 | 99.992 | 98.658 |
| 通 化 | 41°41' | 125°54' | 402.9 | 26 | 25 | 23.4 | 80 | 64 | -36.3 | 35.0 | 118 | 97.458 | 95.992 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 50小时不 保证的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|---------|---------|---------|-------|---------------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|--------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最热 月平 均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| 吉 林 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 双 辽 | 43°30' | 123°32' | 114.0 | 28 | 26 | 24.7 | 77 | 60 | -35.0 | 36.7 | 132 | 101.058 | 99.192 |
| 安 图 | 42°32' | 128°15' | 591.4 | 25 | 23 | 22.8 | 85 | 66 | -42.6 | 34.4 | 186 | 95.059 | 94.125 |
| 白 城 | 45°38' | 122°50' | 155.4 | 27 | 27 | 24.0 | 74 | 55 | -36.0 | 40.6 | 243 | 100.391 | 98.659 |
| 敦 化 | 43°22' | 128°12' | 523.7 | 24 | 23 | 22.6 | 83 | 68 | -38.3 | 33.4 | 177 | 95.725 | 94.659 |
| 松 江 | 42°32' | 128°15' | 591.4 | 25 | 23 | 22.8 | 85 | 66 | -42.6 | 34.4 | 186 | 95.059 | 94.125 |
| 长 白 | 41°21' | 128°12' | 711.2 | 24 | 22 | 21.2 | 84 | 63 | -35.9 | 33.2 | — | 89.859 | 89.459 |
| 海 龙 | 42°32' | 125°38' | 339.9 | 26 | 25 | 23.8 | 81 | 65 | -38.4 | 36.1 | 152 | 98.125 | 96.658 |
| 吉林九站 | 43°57' | 126°28' | 183.4 | 26 | 26 | 24.6 | 80 | 65 | -40.2 | 36.6 | 190 | 100.125 | 98.525 |
| 黑 龙 江 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 哈 尔 滨 | 45°41' | 126°37' | 171.7 | 26 | 26 | 23.9 | 77 | 62 | -38.1 | 36.4 | 197 | 100.125 | 98.392 |
| 海 伦 | 47°26' | 126°58' | 239.4 | 25 | 24 | 22.8 | 78 | 54 | -38.4 | 37.0 | 231 | 99.058 | 97.725 |
| 齐 齐 哈 尔 | 47°23' | 123°55' | 145.9 | 27 | 26 | 23.1 | 74 | 54 | -39.5 | 39.9 | 186 | 100.391 | 98.792 |
| 牡 丹 江 | 44°34' | 129°36' | 241.4 | 26 | 25 | 23.6 | 77 | 58 | -38.3 | 36.5 | 189 | 99.192 | 97.858 |
| 佳 木 斯 | 46°49' | 130°17' | 81.2 | 26 | 26 | 23.5 | 80 | 65 | -41.1 | 35.4 | 200 | 101.058 | 99.591 |
| 爱 辉 | 50°15' | 127°27' | 165.8 | 25 | 24 | 22.2 | 80 | 66 | -40.7 | 37.7 | 298 | 99.992 | 98.525 |
| 鸡 西 | 45°17' | 130°37' | 233.1 | 26 | 25 | 23.3 | 77 | 58 | -35.1 | 37.1 | 255 | 99.192 | 97.858 |
| 伊 春 | 47°43' | 128°54' | 231.3 | 25 | 24 | 22.4 | 79 | 62 | -43.1 | 34.4 | 290 | 99.192 | 97.858 |

(续)

| 地名 | 台站位置 | | | 室外计算温度(℃) | | 夏季室外平均每年不保证50小时的湿球温度(℃) | 室外计算相对湿度(%) | | 极端最低温度(℃) | 极端最高温度(℃) | 最大冻土深度(cm) | 大气压力(kPa) | |
|------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-------------------------|-------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|--------|
| | 北纬 | 东经 | 海拔(m) | 夏季通风 | 夏季空气调节日平均 | | 最热月平均 | 夏季通风 | | | | 冬季 | 夏季 |
| 黑龙江省 | | | | | | | | | | | | | |
| 安达 | 46°24' | 125°21' | 150.5 | 27 | 26 | 25.1 | 74 | 60 | -37.3 | 38.2 | 207 | 100.391 | 98.658 |
| 呼玛漠河 | 53°29' | 122°21' | 279.6 | 24 | 21 | 20.7 | 80 | 59 | -52.3 | 35.5 | — | 98.658 | 97.053 |
| 北安 | 48°17' | 126°31' | 269.7 | 25 | 24 | 22.2 | 79 | 63 | -42.2 | 37.6 | 250 | 98.658 | 97.325 |
| 鹤岗 | 47°22' | 126°20' | 227.9 | 24 | 25 | 22.4 | 79 | 65 | -33.6 | 35.4 | 238 | 99.058 | 97.858 |
| 铁力 | 46°59' | 128°01' | 210.5 | 25 | 24 | 23.0 | 80 | 64 | -42.6 | 34.2 | 167 | 99.458 | 97.992 |
| 绥芬河 | 44°23' | 131°09' | 496.7 | 23 | 23 | 22.3 | 83 | 66 | -37.5 | 34.6 | 216 | 95.859 | 95.059 |
| 陕西省 | | | | | | | | | | | | | |
| 西安 | 34°18' | 108°56' | 396.9 | 31 | 31 | 26.6 | 71 | 57 | -20.6 | 41.7 | 45 | 97.858 | 95.859 |
| 榆林 | 38°14' | 109°42' | 1057.5 | 28 | 26 | 21.7 | 62 | 45 | -32.7 | 38.6 | 147 | 90.259 | 89.059 |
| 延安 | 36°36' | 109°30' | 957.6 | 28 | 26 | 23.0 | 73 | 53 | -25.4 | 39.7 | 79 | 91.326 | 89.992 |
| 略阳 | 33°19' | 106°09' | 793.8 | 28 | 27 | 24.7 | 78 | 61 | -9.8 | 36.4 | 11 | 93.059 | 91.726 |
| 汉中 | 33°04' | 107°02' | 508.3 | 29 | 29 | 26.5 | 81 | 65 | -10.1 | 38.0 | — | 96.392 | 94.792 |
| 铜川 | 35°05' | 109°04' | 978.9 | 28 | 27 | 23.4 | 73 | 56 | -18.2 | 37.7 | 54 | 91.059 | 89.859 |
| 陇县 | 34°54' | 106°50' | 850.0 | 28 | 27 | 23.4 | 74 | 57 | -17.0 | 40.3 | 28 | 91.726 | 90.259 |
| 渭南 | 34°30' | 109°28' | 348.4 | 31 | 31 | 26.3 | 71 | 58 | -15.8 | 42.2 | 20 | 98.258 | 96.258 |
| 宝鸡 | 34°21' | 107°08' | 616.2 | 30 | 29 | 24.8 | 70 | 54 | -16.7 | 41.4 | 26 | 95.325 | 93.592 |
| 凤县 | 33°57' | 106°36' | 970.0 | 28 | 25 | 23.2 | 77 | 58 | -15.5 | 37.3 | 32 | 90.659 | 89.459 |

(续)

| 地名 | 台站位置 | | | 室外计算温度(℃) | | 夏季室外平均每年不保证50小时的逐时平均球温度(℃) | 室外计算相对湿度(%) | | 极端最低温度(℃) | 极端最高温度(℃) | 最大冻土深度(cm) | 大气压力(kPa) | |
|---------|--------|---------|--------|-----------|-----------|----------------------------|-------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|--------|
| | 北纬 | 东经 | 海拔(m) | 夏季通风 | 夏季空气调节日平均 | | 最热月平均 | 夏季通风 | | | | 冬季 | 夏季 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 陕西省 | | | | | | | | | | | | | |
| 安康 | 32°43' | 109°02' | 328.8 | 31 | 31 | 27.1 | 74 | 59 | -9.5 | 41.7 | 7 | 98.658 | 96.658 |
| 华山 | 34°29' | 110°05' | 2064.9 | 19 | 21 | 18.6 | 74 | 76 | -25.3 | 27.7 | — | 79.460 | 79.060 |
| 甘肃省 | | | | | | | | | | | | | |
| 兰州 | 36°03' | 103°53' | 1517.2 | 27 | 26 | 20.1 | 60 | 42 | -21.7 | 39.1 | 103 | 85.059 | 84.260 |
| 敦煌 | 40°08' | 94°47' | 1138.7 | 30 | 28 | 19.9 | 41 | 29 | -27.6 | 43.6 | 144 | 89.326 | 87.993 |
| 酒泉 | 39°46' | 98°31' | 1477.2 | 26 | 24 | 18.9 | 50 | 38 | -31.6 | 38.4 | 132 | 85.593 | 84.659 |
| 山丹 | 38°48' | 101°05' | 1764.6 | 26 | 24 | 17.1 | 50 | 34 | -33.3 | 36.7 | 141 | 82.526 | 81.860 |
| 平凉 | 35°25' | 106°38' | 1346.6 | 25 | 24 | 21.0 | 72 | 50 | -22.5 | 35.0 | 62 | 86.926 | 85.993 |
| 天水 | 34°35' | 105°45' | 1131.7 | 27 | 25 | 22.2 | 73 | 51 | -19.2 | 37.2 | 61 | 89.192 | 88.126 |
| 武都 | 33°23' | 104°41' | 1079.1 | 28 | 28 | 23.6 | 68 | 53 | -6.3 | 39.9 | 11 | 89.592 | 88.526 |
| 张掖 | 38°56' | 100°35' | 1482.7 | 27 | 25 | 19.1 | 56 | 37 | -28.7 | 38.1 | 123 | 85.459 | 84.659 |
| 玉门镇 | 40°16' | 97°11' | 1526.0 | 26 | 24 | 17.4 | 44 | 32 | -27.7 | 36.7 | 150 | 85.059 | 84.126 |
| 西安 | 40°30' | 95°55' | 1170.8 | 29 | 28 | 19.3 | 38 | 30 | -29.3 | 42.8 | 116 | 88.926 | 87.593 |
| 临洮 | 35°23' | 103°51' | 1886.6 | 23 | 22 | 19.3 | 74 | 54 | -29.6 | 34.6 | 82 | 81.193 | 80.793 |
| 庆阳 | 36°05' | 107°52' | 1100.0 | 27 | 26 | 22.1 | 71 | 53 | -21.3 | 37.9 | 79 | 89.726 | 88.526 |
| 宁夏回族自治区 | | | | | | | | | | | | | |
| 银川 | 38°29' | 106°13' | 1111.5 | 27 | 26 | 22.2 | 64 | 46 | -30.6 | 39.3 | 103 | 89.859 | 88.392 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|---------|---------|---------|--------|---------------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|--------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最热 月月 平均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| 宁夏回族自治区 | | | | | | | | | | | | | |
| 盐 池 | 37°47' | 107°24' | 1347.8 | 27 | 26 | 20.2 | 59 | 37 | -29.6 | 38.1 | 128 | 86.659 | 85.993 |
| 石 咀 山 | 39°11' | 106°46' | 1092.0 | 27 | 26 | 20.8 | 58 | 42 | -28.4 | 37.0 | 104 | 89.859 | 88.526 |
| 固 原 | 36°00' | 106°16' | 1753.2 | 24 | 22 | 18.6 | 72 | 46 | -26.9 | 34.6 | 102 | 82.926 | 82.126 |
| 中 卫 | 37°32' | 105°11' | 1225.7 | 27 | 26 | 21.8 | 67 | 45 | -27.8 | 36.5 | 83 | 87.993 | 86.659 |
| 中 宁 | 37°29' | 105°40' | 1184.6 | 28 | 27 | 20.9 | 59 | 43 | -26.7 | 38.5 | 80 | 89.192 | 88.126 |
| 海 原 | 36°34' | 105°39' | 1853.7 | 24 | 23 | 18.0 | 62 | 45 | -22.7 | 34.2 | 116 | 81.326 | 80.660 |
| 同 心 | 36°59' | 106°55' | 1343.9 | 27 | 26 | 20.0 | 57 | 36 | -27.3 | 37.9 | 137 | 87.059 | 85.993 |
| 青 海 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 西 宁 | 36°35' | 101°55' | 2261.2 | 22 | 21 | 16.4 | 66 | 47 | -26.6 | 33.5 | 134 | 77.460 | 77.327 |
| 共 和 | 36°17' | 100°37' | 2835.0 | 19 | 19 | 14.4 | 64 | 48 | -28.9 | 31.1 | 133 | 71.994 | 72.261 |
| 格 尔 木 | 36°12' | 94°38' | 2807.7 | 22 | 21 | 12.8 | 36 | 26 | -33.6 | 33.1 | 88 | 72.394 | 72.394 |
| 乌图美仁 | 36°54' | 93°10' | 2842.9 | 21 | 19 | 12.3 | 43 | 31 | -30.1 | 33.1 | — | 71.861 | 71.861 |
| 玉 树 | 33°06' | 96°45' | 3702.6 | 17 | 15 | 12.8 | 70 | 52 | -26.1 | 28.7 | 82 | 64.661 | 65.061 |
| 扎 多 | 32°54' | 95°19' | 4067.5 | 15 | 13 | 10.2 | 68 | 49 | -33.1 | 25.5 | 229 | 61.061 | 62.261 |
| 班 玛 | 33°03' | 100°25' | 3750.0 | 17 | 14 | 13.6 | 77 | 54 | -29.7 | 28.1 | 157 | 65.994 | 66.394 |
| 都 兰 | 36°20' | 98°02' | 3191.1 | 19 | 19 | 11.7 | 44 | 35 | -29.8 | 31.9 | 201 | 68.927 | 69.194 |
| 大 柴 旦 | 37°50' | 95°17' | 3173.2 | 19 | 19 | 11.3 | 40 | 30 | -33.6 | 29.7 | 150 | 69.061 | 69.194 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 | 极端最 高温度 | 最大冻 土深度 | 大气压力(kPa) | |
|----------|---------|---------|--------|---------------|-------------------|---|-----------------|-----|------------|------------|------------|-----------|---------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | 最热 月月 平均 | 夏季 通风 | (℃) | (℃) | (cm) | 冬 季 | 夏 季 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 青 海 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 冷 湖 | 36°56' | 93°23' | 2733.0 | 22 | 21 | 11.7 | 32 | 20 | -34.3 | 31.2 | 174 | 72.394 | 72.794 |
| 民 和 | 36°35' | 102°56' | 1813.9 | 25 | 24 | 18.5 | 62 | 45 | -21.7 | 34.7 | 98 | 81.993 | 81.460 |
| 新疆维吾尔自治区 | | | | | | | | | | | | | |
| 乌 鲁 木 齐 | 43°54' | 87°28' | 653.5 | 29 | 30 | 18.7 | 58 | 31 | -32.0 | 40.9 | 162 | 95.192 | 93.459 |
| 伊 宁 | 43°57' | 81°20' | 662.5 | 27 | 25 | 21.4 | 60 | 44 | -40.4 | 37.4 | 62 | 94.659 | 93.325 |
| 吐 鲁 番 | 42°56' | 89°12' | 34.5 | 36 | 36 | 23.8 | 30 | 23 | -28.0 | 47.6 | 74 | 102.791 | 101.725 |
| 哈 密 | 42°49' | 93°31' | 737.9 | 31 | 30 | 19.9 | 32 | 26 | -32.0 | 43.6 | 112 | 93.992 | 92.126 |
| 喀 什 | 39°28' | 75°59' | 1288.7 | 29 | 29 | 20.0 | 39 | 27 | -24.4 | 40.1 | 90 | 87.593 | 86.526 |
| 和 田 | 37°08' | 79°56' | 1374.6 | 29 | 28 | 20.4 | 41 | 31 | -21.6 | 40.5 | 67 | 86.659 | 85.593 |
| 鄯 善 | 42°51' | 96°14' | 377.8 | 34 | 32 | 21.3 | 35 | 24 | -28.7 | 43.9 | 111 | 98.525 | 96.125 |
| 库 尔 勒 | 41°45' | 86°08' | 931.5 | 30 | 30 | 21.6 | 40 | 30 | -28.1 | 39.0 | 63 | 91.726 | 90.126 |
| 石 河 子 | 44°19' | 86°03' | 442.9 | 30 | 28 | 21.6 | 53 | 26 | -39.8 | 40.0 | 140 | 97.325 | 95.725 |
| 克 拉 玛 依 | 45°36' | 84°51' | 427.0 | 30 | 30 | 19.3 | 34 | 33 | -35.9 | 42.9 | 197 | 98.125 | 95.859 |
| 阿 勒 泰 | 47°44' | 88°05' | 735.1 | 26 | 27 | 18.8 | 47 | 41 | -43.5 | 37.6 | 146 | 94.259 | 92.525 |
| 塔 城 | 46°44' | 83°00' | 548.0 | 27 | 26 | 20.3 | 56 | 39 | -39.2 | 39.2 | 146 | 96.392 | 94.792 |
| 阿 克 苏 | 41°10' | 80°14' | 1103.8 | 29 | 26 | 21.0 | 57 | 33 | -27.6 | 40.7 | 62 | 89.859 | 88.259 |
| 拜 城 | 41°47' | 81°54' | 1229.2 | 27 | 25 | 19.9 | 59 | 38 | -32.0 | 37.3 | 86 | 88.392 | 87.193 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-------|---------|---------|--------|---------------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|---------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最热 月平 均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| 山 东 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 济 南 | 36°41' | 116°59' | 51.6 | 31 | 32 | 26.8 | 73 | 56 | -12.7 | 42.5 | 44 | 101.991 | 99.858 |
| 潍 坊 | 36°37' | 119°07' | 62.8 | 30 | 30 | 26.8 | 80 | 58 | -21.4 | 40.5 | 43 | 101.858 | 99.853 |
| 青 岛 | 36°09' | 120°25' | 16.8 | 28 | 28 | 26.8 | 86 | 73 | -17.2 | 36.9 | 42 | 102.525 | 100.391 |
| 海 阳 | 35°15' | 115°26' | 49.7 | 31 | 31 | 27.7 | 78 | 64 | -20.4 | 42.3 | 35 | 102.125 | 99.858 |
| 龙 口 | 37°37' | 120°19' | 3.5 | 28 | 29 | 26.5 | 81 | 71 | -18.6 | 33.3 | 41 | 102.658 | 100.525 |
| 烟 台 | 37°32' | 121°24' | 46.7 | 27 | 29 | 25.9 | 81 | 74 | -13.1 | 37.2 | 43 | 102.125 | 100.125 |
| 惠 民 | 37°30' | 117°32' | 11.3 | 30 | 30 | 27.0 | 79 | 54 | -22.4 | 42.2 | 50 | 102.525 | 100.391 |
| 德 州 | 37°26' | 116°19' | 21.2 | 31 | 31 | 26.9 | 75 | 60 | -27.0 | 43.4 | 48 | 102.525 | 100.258 |
| 莱 阳 | 36°59' | 120°42' | 30.5 | 29 | 28 | 26.8 | 84 | 66 | -24.0 | 33.9 | 45 | 102.258 | 100.258 |
| 充 州 | 35°34' | 116°51' | 51.6 | 31 | 31 | 27.4 | 79 | 64 | -19.0 | 41.0 | 45 | 101.991 | 99.858 |
| 泰 安 | 36°10' | 117°09' | 128.8 | 30 | 30 | 26.9 | 79 | 63 | -22.4 | 40.7 | 46 | 101.058 | 98.925 |
| 淄 博 | 36°50' | 118°00' | 32.8 | 31 | 31 | 26.7 | 74 | 69 | -21.8 | 42.1 | 48 | 102.258 | 99.992 |
| 海 阳 | 36°46' | 121°12' | 23.2 | 28 | 28 | 26.4 | 86 | 74 | -16.3 | 36.4 | 49 | 102.258 | 100.391 |
| 益 都 | 36°43' | 118°30' | 80.2 | 30 | 30 | 27.2 | 77 | 61 | -19.3 | 40.9 | 45 | 101.325 | 99.192 |
| 泰 山 | 36°15' | 117°06' | 1533.7 | 20 | 21 | 20.1 | 87 | 84 | -27.5 | 28.6 | — | 84.659 | 84.125 |

(续)

| 地名 | 台站位置 | | | 室外计算温度(℃) | | 夏季室外平均每年不保证50小时的湿球温度(℃) | 室外计算相对湿度(%) | | 极端最低温度(℃) | 极端最高温度(℃) | 最大冻土深度(cm) | 大气压力(kPa) | |
|-----|--------|---------|-------|-----------|----------|-------------------------|-------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|
| | 北纬 | 东经 | 海拔(m) | 夏季通风 | 夏季空调节日平均 | | 最热月平均 | 夏季通风 | | | | 冬季 | 夏季 |
| 江苏省 | | | | | | | | | | | | | |
| 南京 | 32°00' | 118°48' | 8.9 | 32 | 32 | 28.5 | 81 | 64 | -14.0 | 40.7 | — | 102.525 | 100.391 |
| 徐州 | 34°17' | 117°18' | 43.0 | 31 | 31 | 28.1 | 82 | 65 | -23.3 | 40.6 | 24 | 102.258 | 100.125 |
| 连云港 | 34°36' | 119°10' | 3.0 | 31 | 31 | 27.9 | 81 | 67 | -18.1 | 40.0 | 22 | 102.658 | 100.525 |
| 镇江 | 32°13' | 119°28' | 26.4 | 32 | 32 | 27.7 | 82 | 65 | -12.0 | 40.9 | — | 102.125 | 100.391 |
| 扬州 | 32°25' | 119°25' | 7.2 | 31 | 31 | 28.5 | 85 | 70 | -17.7 | 39.1 | — | 102.525 | 100.391 |
| 南通 | 32°01' | 120°51' | 5.3 | 31 | 30 | 28.7 | 86 | 72 | -10.8 | 37.3 | 11 | 102.258 | 100.391 |
| 常州 | 31°46' | 119°57' | 9.2 | 32 | 32 | 28.2 | 82 | 66 | -15.5 | 38.5 | 10 | 102.258 | 100.525 |
| 苏州 | 31°19' | 120°38' | 6.2 | 32 | 31 | 28.6 | 83 | 69 | -9.8 | 38.6 | — | 102.525 | 100.391 |
| 无锡 | 31°35' | 120°19' | 5.6 | 32 | 31 | 28.4 | 83 | 68 | -12.5 | 38.6 | — | 102.791 | 100.391 |
| 盐城 | 33°23' | 120°08' | 2.3 | 30 | 30 | 27.6 | 85 | 73 | -14.3 | 39.1 | — | 102.925 | 100.525 |
| 高邮 | 32°48' | 119°27' | 5.4 | 31 | 31 | 28.5 | 86 | 72 | -18.5 | 38.5 | 14 | 103.058 | 99.992 |
| 泰州 | 32°29' | 119°52' | 5.4 | 31 | 31 | 28.3 | 84 | 64 | -19.2 | 39.4 | — | 102.658 | 100.391 |
| 如皋 | 32°23' | 120°30' | 5.1 | 31 | 30 | 28.1 | 85 | 69 | -12.1 | 38.9 | 13 | 102.658 | 100.525 |
| 江阴 | 31°55' | 120°18' | 4.7 | 32 | 31 | 28.4 | 84 | 71 | -11.4 | 38.0 | 7 | 102.658 | 100.525 |
| 太仓 | 31°26' | 121°07' | 6.0 | 31 | 30 | 28.7 | 83 | 70 | -9.3 | 37.9 | — | 102.658 | 100.525 |
| 安徽省 | | | | | | | | | | | | | |
| 合肥 | 31°51' | 117°17' | 23.6 | 33 | 32 | 28.2 | 81 | 62 | -20.6 | 41.0 | 11 | 102.391 | 100.258 |

(续)

| 地名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-----|---------|---------|--------|---------------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|---------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最热 月月 平均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| 安徽省 | | | | | | | | | | | | | |
| 蚌埠 | 32°57' | 117°22' | 21.0 | 32 | 32 | 28.1 | 79 | 60 | -19.4 | 41.3 | 15 | 102.391 | 100.258 |
| 安庆 | 30°31' | 117°02' | 44.0 | 33 | 32 | 28.1 | 79 | 61 | -12.5 | 40.6 | 10 | 101.991 | 99.992 |
| 亳 县 | 33°53' | 115°47' | 37.1 | 32 | 32 | 27.8 | 79 | 63 | -20.6 | 42.1 | 16 | 102.391 | 99.591 |
| 芜湖 | 31°20' | 118°21' | 14.8 | 32 | 32 | 28.3 | 81 | 63 | -13.1 | 39.3 | — | 102.391 | 100.258 |
| 巢湖 | 31°37' | 117°52' | 22.4 | 32 | 32 | 28 | 79 | 66 | -12.7 | 39.6 | 9 | 102.391 | 101.058 |
| 铜陵 | 30°57' | 117°48' | 37.2 | 32 | 32 | 27.9 | 76 | 62 | -11.9 | 40.2 | — | 101.991 | 99.992 |
| 屯溪 | 29°43' | 118°17' | 146.7 | 33 | 31 | 27.5 | 78 | 57 | -10.9 | 41.0 | — | 100.791 | 99.058 |
| 阜 阳 | 32°56' | 115°50' | 31.2 | 32 | 32 | 27.3 | 80 | 62 | -20.4 | 41.4 | 13 | 102.391 | 100.258 |
| 六安 | 31°45' | 116°29' | 60.5 | 33 | 32 | 27.8 | 79 | 62 | -18.9 | 41.0 | 12 | 101.658 | 99.725 |
| 舒 山 | 34°25' | 116°21' | 43.3 | 32 | 31 | 27.0 | 80 | 64 | -19.9 | 41.6 | 28 | 101.858 | 99.458 |
| 宣城 | 30°56' | 118°45' | 32.4 | 32 | 32 | 27.3 | 79 | 64 | -13.7 | 40.7 | — | 102.391 | 99.992 |
| 祁 门 | 29°55' | 117°50' | 140.4 | 33 | 30 | 27.1 | 83 | 58 | -12.4 | 41.0 | — | 100.658 | 99.192 |
| 黄山 | 30°08' | 118°09' | 1840.4 | 20 | 20 | 18.7 | 91 | 83 | -22.0 | 27.1 | — | 81.726 | 81.326 |
| 浙江省 | | | | | | | | | | | | | |
| 杭 州 | 30°19' | 120°12' | 7.2 | 33 | 32 | 28.6 | 80 | 61 | -9.6 | 39.7 | — | 102.525 | 100.258 |
| 定 海 | 30°02' | 122°07' | 35.7 | 31 | 29 | 27.8 | 82 | 74 | -6.1 | 39.1 | — | 102.125 | 99.992 |
| 衢 县 | 28°58' | 118°51' | 66.1 | 34 | 32 | 27.9 | 76 | 58 | -10.4 | 40.5 | — | 101.591 | 99.992 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-------|---------|---------|-------|---------------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|---------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最热 月平 均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 浙 江 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 温 州 | 28°01' | 120°40' | 6.0 | 31 | 30 | 28.7 | 83 | 73 | -4.5 | 39.5 | — | 102.391 | 100.525 |
| 嘉 兴 | 30°47' | 120°44' | 4.8 | 32 | 31 | 28.7 | 83 | 68 | -9.8 | 39.4 | — | 102.125 | 100.525 |
| 绍 兴 | 30°00' | 120°38' | 6.5 | 33 | 32 | 28.8 | 77 | 61 | -10.1 | 39.5 | — | 102.258 | 100.258 |
| 宁 波 | 29°55' | 121°35' | 4.2 | 32 | 30 | 28.3 | 83 | 65 | -8.8 | 38.7 | — | 101.325 | 99.992 |
| 金 华 | 29°07' | 119°39' | 64.1 | 34 | 32 | 27.1 | 74 | 56 | -9.6 | 41.2 | — | 101.858 | 99.725 |
| 嵊 州 | 30°44' | 122°27' | 79.6 | 29 | 29 | 26.0 | 84 | 77 | -8.1 | 36.7 | — | 101.325 | 99.992 |
| 海 门 | 28°38' | 121°25' | 1.3 | 31 | 29 | 28.0 | 85 | 72 | -6.8 | 39.1 | — | 102.658 | 99.992 |
| 宁 海 | 29°18' | 121°26' | 25 | 31 | 30 | 28.2 | 85 | 71 | -9.4 | 39.5 | — | 102.125 | 100.391 |
| 江 西 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 南 昌 | 28°40' | 115°58' | 46.7 | 33 | 32 | 28.0 | 75 | 57 | -9.3 | 40.6 | — | 101.858 | 99.858 |
| 景 德 镇 | 29°10' | 117°15' | 46.3 | 33 | 31 | 28.0 | 79 | 53 | -10.9 | 41.8 | — | 101.858 | 99.858 |
| 吉 安 | 27°05' | 114°55' | 78.0 | 34 | 32 | 27.4 | 73 | 57 | -8.0 | 40.3 | — | 101.458 | 99.592 |
| 抚 州 | 25°50' | 114°50' | 123.8 | 33 | 32 | 26.8 | 71 | 56 | -6.0 | 41.2 | — | 100.791 | 99.058 |
| 九 江 | 29°45' | 115°55' | 32.2 | 33 | 33 | 28.5 | 76 | 60 | -9.7 | 40.2 | — | 101.991 | 99.992 |
| 宜 春 | 27°48' | 114°23' | 129.0 | 33 | 31 | 27.5 | 77 | 57 | -9.2 | 41.6 | — | 100.925 | 99.058 |
| 萍 乡 | 27°39' | 113°51' | 108.8 | 33 | 31 | 27.8 | 75 | 56 | -8.6 | 38.8 | — | 101.191 | 99.325 |
| 广 东 | 26°48' | 116°11' | 143.9 | 33 | 31 | 27.0 | 74 | 54 | -9.8 | 39.5 | — | 100.658 | 98.925 |

(续)

| 地名 | 台站位置 | | | 室外计算温度(℃) | | 夏季室外平均每年不保证50小时的逐时球温度(℃) | 室外计算相对湿度(%) | | 极端最低温度(℃) | 极端最高温度(℃) | 最大冻土深度(cm) | 大气压力(kPa) | |
|-----|--------|---------|--------|-----------|------------|--------------------------|-------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|
| | 北纬 | 东经 | 海拔(m) | 夏季通风 | 夏季空调气调节日平均 | | 最热月平均 | 夏季通风 | | | | 冬季 | 夏季 |
| 江西省 | | | | | | | | | | | | | |
| 宁岗 | 26°50' | 114°00' | 263.1 | 33 | 30 | 27.2 | 79 | 57 | -8.5 | 40.0 | — | 99.325 | 97.592 |
| 清江 | 28°05' | 115°31' | 30.4 | 34 | 32 | 28.0 | 76 | 57 | -9.3 | 40.9 | — | 102.125 | 100.125 |
| 玉山 | 28°40' | 118°15' | 108.5 | 34 | 32 | 27.1 | 75 | 53 | -8.9 | 43.3 | — | 101.191 | 99.325 |
| 庐山 | 29°35' | 115°59' | 1164.0 | 25 | 25 | 23.0 | 82 | 78 | -16.8 | 32.0 | — | 88.926 | 87.992 |
| 福建省 | | | | | | | | | | | | | |
| 福州 | 26°05' | 119°17' | 48.0 | 33 | 31 | 28.1 | 78 | 61 | -1.2 | 39.3 | — | 101.325 | 99.592 |
| 永安 | 25°58' | 117°21' | 208.3 | 33 | 30 | 26.7 | 75 | 54 | -7.6 | 40.5 | — | 99.725 | 98.258 |
| 长汀 | 25°51' | 116°22' | 317.5 | 32 | 29 | 26.5 | 78 | 59 | -6.5 | 39.4 | — | 98.525 | 97.058 |
| 漳州 | 24°30' | 117°39' | 30.0 | 33 | 31 | 28.0 | 80 | 63 | -2.1 | 40.9 | — | 101.725 | 100.258 |
| 厦门 | 24°27' | 118°04' | 63.2 | 31 | 30 | 27.4 | 80 | 69 | 2.0 | 38.4 | — | 101.458 | 99.992 |
| 南平 | 26°39' | 118°10' | 127.2 | 34 | 31 | 27.3 | 76 | 56 | -5.8 | 41.0 | — | 100.791 | 99.192 |
| 三明 | 26°16' | 117°37' | 167.3 | 34 | 31 | 26.7 | 74 | 51 | -5.5 | 40.6 | — | 100.258 | 98.658 |
| 龙岩 | 25°06' | 117°01' | 341 | 32 | 29 | 25.9 | 77 | 57 | -5.6 | 38.1 | — | 98.125 | 96.792 |
| 上饶 | 25°03' | 116°25' | 205.4 | 32 | 30 | 26.7 | 77 | 57 | -4.8 | 39.7 | — | 99.725 | 98.392 |
| 九江 | 24°49' | 118°43' | 21.2 | 32 | 30 | 27.4 | 80 | 66 | 0.1 | 38.7 | — | — | — |
| 吉安 | 26°14' | 116°38' | 358.9 | 32 | 29 | 26.4 | 79 | 59 | -8.3 | 38.3 | — | 97.992 | 96.525 |
| 赣州 | 26°12' | 116°51' | 310.6 | 33 | 29 | 25.6 | 76 | 59 | -7.9 | 39.2 | — | 98.658 | 97.192 |

(续)

| 地名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算温度(℃) | | 夏季室外平均每年不保证50小时的湿球温度(℃) | 室外计算相对湿度(%) | | 极端最低温度(℃) | 极端最高温度(℃) | 最大冻土深度(cm) | 大气压力(kPa) | |
|-------|---------|---------|-------|-----------|------------|-------------------------|-------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季通风 | 夏季空调气调节日平均 | | 最热月平均 | 夏季通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 台湾省 | | | | | | | | | | | | | |
| 台 北 | 25°02' | 121°31' | 9.0 | 31 | 30 | 27.3 | 79 | — | -2.01 | 37.0 | — | 101.991 | 100.658 |
| 河南省 | | | | | | | | | | | | | |
| 郑 州 | 34°43' | 113°39' | 110.4 | 32 | 31 | 27.9 | 75 | 44 | -17.9 | 43.0 | 18 | 101.325 | 99.192 |
| 卢 氏 | 34°00' | 111°01' | 568.8 | 31 | 29 | 25.3 | 74 | 52 | -19.1 | 42.1 | 27 | 95.859 | 94.125 |
| 驻 马 店 | 32°58' | 114°03' | 83.7 | 32 | 32 | 28.2 | 80 | 55 | -17.4 | 41.9 | 16 | 101.725 | 99.458 |
| 信 阳 | 32°07' | 114°05' | 75.9 | 32 | 32 | 27.9 | 80 | 60 | -20.0 | 40.9 | 7 | 101.725 | 99.592 |
| 安 阳 | 36°07' | 114°22' | 76.4 | 32 | 31 | 27.6 | 78 | 49 | -21.7 | 41.7 | 31 | 101.725 | 99.592 |
| 新 乡 | 35°19' | 113°53' | 72.7 | 32 | 31 | 27.7 | 77 | 50 | -21.3 | 42.7 | 28 | 101.725 | 99.592 |
| 开 封 | 34°46' | 114°23' | 72.5 | 32 | 31 | 27.8 | 79 | 51 | -14.7 | 42.9 | 26 | 101.858 | 99.592 |
| 南 阳 | 33°02' | 112°35' | 129.8 | 32 | 31 | 27.8 | 79 | 54 | -21.2 | 40.8 | 12 | 101.058 | 98.925 |
| 平 顶 山 | 33°43' | 113°17' | 84.7 | 33 | 32 | 28.0 | 77 | 43 | -18.8 | 42.6 | 14 | 101.591 | 99.458 |
| 漯 河 | 33°35' | 114°00' | 60.8 | 33 | 32 | 28.2 | 79 | 55 | -15.9 | 42.1 | — | 101.858 | 99.725 |
| 洛 阳 | 34°40' | 112°25' | 154.3 | 33 | 31 | 27.3 | 74 | 45 | -18.2 | 44.2 | 21 | 100.925 | 98.792 |
| 商 丘 | 34°27' | 115°40' | 50.1 | 32 | 31 | 28.0 | 80 | 54 | -18.9 | 43.0 | 32 | 101.991 | 99.858 |
| 许 昌 | 34°01' | 113°50' | 71.9 | 33 | 32 | 28.2 | 78 | 49 | -17.4 | 41.9 | 18 | 101.725 | 99.592 |
| 三 门 峡 | 34°48' | 111°11' | 389.9 | 31 | 31 | 25.9 | 71 | 44 | -16.5 | 43.2 | 45 | 97.992 | 95.992 |

(续)

| 地名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-------|---------|---------|-------|---------------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|---------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最热 月平 均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| 湖 北 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 武 汉 | 30°38' | 114°04' | 23.3 | 33 | 32 | 28.2 | 79 | 62 | -17.3 | 39.4 | — | 102.391 | 100.125 |
| 光 化 | 32°25' | 111°40' | 91.1 | 32 | 31 | 28.1 | 78 | 55 | -15.7 | 41.0 | — | 101.458 | 99.325 |
| 宜 昌 | 30°42' | 111°05' | 131.1 | 33 | 32 | 28.2 | 81 | 59 | -8.9 | 41.4 | — | 101.725 | 99.592 |
| 恩 施 | 30°16' | 109°22' | 437.2 | 32 | 30 | 26.4 | 80 | 59 | -6.5 | 41.2 | — | 97.192 | 95.592 |
| 襄 阳 | 32°02' | 112°10' | 68.7 | 32 | 31 | 28.1 | 79 | 62 | -13.1 | 42.5 | — | 101.725 | 99.592 |
| 荆 州 | 30°24' | 112°05' | 34.7 | 32 | 31 | 28.6 | 83 | 67 | -14.8 | 38.6 | 8 | 102.258 | 99.992 |
| 黄 石 | 30°15' | 115°01' | 22.2 | 33 | 33 | 28.5 | 77 | 60 | -11.0 | 40.3 | 6 | 102.258 | 100.125 |
| 竹 溪 | 32°14' | 109°43' | 446.2 | 31 | 30 | 27.1 | 80 | 63 | -12.2 | 40.0 | — | 97.058 | 95.459 |
| 鄂 西 | 32°59' | 110°21' | 252.5 | 32 | 31 | 27.3 | 76 | 58 | -11.9 | 41.9 | — | 99.592 | 97.725 |
| 嘉 鱼 | 29°58' | 113°50' | 26.3 | 33 | 32 | 28.3 | 76 | 61 | -12.0 | 39.7 | — | 102.391 | 100.125 |
| 随 县 | 31°43' | 113°20' | 96.2 | 32 | 31 | 27.5 | 79 | 62 | -16.3 | 41.1 | — | 101.458 | 99.325 |
| 湖 南 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 长 沙 | 28°12' | 113°04' | 44.9 | 34 | 32 | 28.0 | 75 | 61 | -11.3 | 40.6 | — | 101.591 | 99.458 |
| 江 陵 | 27°27' | 109°38' | 266.5 | 32 | 30 | 29.7 | 80 | 59 | -7.7 | 39.9 | — | 99.325 | 97.458 |
| 零 陵 | 26°14' | 111°36' | 174.5 | 33 | 31 | 26.8 | 71 | 56 | -9.0 | 43.7 | — | 100.391 | 98.525 |
| 常 德 | 28°55' | 111°33' | 36.7 | 32 | 32 | 28.3 | 79 | 64 | -11.2 | 40.1 | — | 102.125 | 99.992 |

(续)

| 地名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-------|---------|---------|--------|---------------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|---------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最热 月平 均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| 湖 南 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 株 洲 | 27°50' | 113°10' | 57.5 | 34 | 32 | 27.6 | 72 | 55 | -2.0 | 40.5 | — | 100.925 | 99.725 |
| 湘 潭 | 27°51' | 112°55' | 40.6 | 33 | 32 | 28.5 | 75 | 58 | -8.5 | 40.4 | — | 101.991 | 99.992 |
| 邵 阳 | 27°15' | 111°23' | 240.8 | 33 | 31 | 26.8 | 74 | 56 | -7.7 | 39.5 | — | 99.458 | 97.592 |
| 彬 州 | 25°45' | 112°59' | 184.9 | 34 | 31 | 26.5 | 70 | 53 | -9.0 | 41.3 | — | 100.391 | 98.392 |
| 岳 阳 | 29°23' | 113°05' | 51.6 | 32 | 32 | 28.3 | 75 | 67 | -11.8 | 39.3 | — | 101.858 | 99.858 |
| 益 沅 | 28°34' | 112°06' | 32.9 | 33 | 32 | 28.4 | 77 | 64 | -13.2 | 43.6 | — | 102.125 | 99.992 |
| 沅 陵 | 28°27' | 110°23' | 143.2 | 33 | 31 | 27.6 | 80 | 58 | -7.3 | 40.3 | — | 100.791 | 98.792 |
| 韶 山 | 27°56' | 112°28' | 117.4 | 33 | 31 | 28.0 | 74 | 58 | -10.4 | 39.5 | — | 100.925 | 98.925 |
| 衡 阳 | 26°56' | 112°30' | 109.6 | 34 | 32 | 27.4 | 71 | 54 | -7.9 | 40.8 | — | 101.325 | 98.792 |
| 南 岳 | 27°15' | 112°45' | 1265.9 | 24 | 24 | 22.5 | 86 | 81 | -16.0 | 31.0 | — | 87.726 | 86.793 |
| 广 东 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 广 州 | 23°08' | 113°19' | 9.3 | 31 | 30 | 28.0 | 84 | 68 | 0.0 | 38.7 | — | 101.325 | 99.992 |
| 阳 江 | 21°52' | 111°58' | 23.3 | 31 | 30 | 27.6 | 85 | 72 | -1.4 | 37.0 | — | 101.725 | 99.992 |
| 海 口 | 20°02' | 110°21' | 14.1 | 32 | 30 | 27.8 | 82 | 67 | 2.8 | 38.9 | — | 101.591 | 100.258 |
| 韶 关 | 24°48' | 113°35' | 69.3 | 33 | 31 | 26.9 | 75 | 57 | -4.3 | 42.0 | — | 101.325 | 99.725 |
| 汕 头 | 23°24' | 116°41' | 1.2 | 31 | 30 | 27.6 | 84 | 73 | 0.4 | 37.9 | — | 101.858 | 100.525 |
| 宝 安 | 22°33' | 114°06' | 18.2 | 31 | 30 | 27.0 | 83 | 70 | 0.2 | 36.7 | — | 101.325 | 99.992 |

(续)

| 地名 | 台站位置 | | | 室外计算温度(℃) | | 夏季室外平均每年不保证50小时的湿球温度(℃) | 室外计算相对湿度(%) | | 极端最低温度(℃) | 极端最高温度(℃) | 最大冻土深度(cm) | 大气压力(kPa) | |
|---------|--------|---------|-------|-----------|------|-------------------------|-------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|
| | 北纬 | 东经 | 海拔(m) | 夏季通风 | 夏季空调 | | 最热月平均 | 夏季通风 | | | | 冬季 | 夏季 |
| 广东省 | | | | | | | | | | | | | |
| 茂名 | 21°41' | 110°49' | 27.2 | 31 | 30 | 27.3 | 82 | 67 | 1.7 | 37.8 | — | 101.458 | 100.258 |
| 湛江 | 21°13' | 110°24' | 26.4 | 31 | 30 | 27.7 | 81 | 71 | 2.8 | 38.1 | — | 101.325 | 99.992 |
| 琼海 | 19°14' | 110°28' | 23.5 | 32 | 30 | 27.5 | 82 | 66 | 5 | 39.8 | — | 101.458 | 99.992 |
| 西沙 | 16°50' | 112°20' | 4.9 | 30 | 30 | 28.0 | 84 | 80 | 15.3 | 34.9 | — | 101.458 | 100.658 |
| 惠阳 | 23°05' | 114°25' | 21.5 | 31 | 30 | 27.3 | 83 | 68 | -1.9 | 38.9 | — | 101.858 | 100.525 |
| 高要 | 23°03' | 112°28' | 6.7 | 32 | 31 | 27.5 | 82 | 64 | -1.0 | 37.9 | — | 101.325 | 99.992 |
| 梅县 | 24°18' | 116°07' | 77.5 | 33 | 30 | 27.1 | 78 | 59 | -7.3 | 39.3 | — | 101.191 | 100.525 |
| 琼中 | 19°02' | 109°50' | 250.9 | 31 | 29 | 26.5 | 83 | 64 | 0.9 | 38.2 | — | 98.658 | 97.325 |
| 广西壮族自治区 | | | | | | | | | | | | | |
| 南宁 | 22°49' | 108°21' | 72.2 | 32 | 30 | 27.3 | 82 | 62 | -2.1 | 40.4 | — | 101.191 | 99.591 |
| 桂林 | 25°20' | 110°18' | 166.7 | 22 | 30 | 26.9 | 78 | 60 | -4.9 | 39.4 | — | 100.258 | 98.525 |
| 百色 | 23°55' | 106°32' | 173.1 | 33 | 31 | 27.6 | 79 | 62 | -2.0 | 42.5 | — | 99.858 | 98.258 |
| 梧州 | 23°29' | 111°18' | 119.2 | 33 | 30 | 27.6 | 80 | 62 | -3.0 | 39.2 | — | 100.658 | 99.192 |
| 北海 | 21°29' | 109°06' | 14.6 | 31 | 30 | 27.7 | 83 | 74 | 2.0 | 37.1 | — | 101.725 | 100.258 |
| 钦州 | 21°57' | 108°36' | 4.0 | 30 | 30 | 27.9 | 86 | 77 | -3.0 | 46.5 | — | 101.858 | 100.391 |
| 玉林 | 22°38' | 110°10' | 81.8 | 31 | 30 | 27.1 | 80 | 67 | -2.1 | 38.0 | — | 101.058 | 99.592 |
| 龙州 | 22°22' | 106°45' | 128.3 | 32 | 30 | 27.9 | 83 | 66 | -3.0 | 40.5 | — | 100.391 | 98.925 |

(续)

| 地名 | 台站位置 | | | 室外计算温度(℃) | | 夏季室外平均每年不保证50小时的湿球温度(℃) | 室外计算相对湿度(%) | | 极端最低温度(℃) | 极端最高温度(℃) | 最大冻土深度(cm) | 大气压力(kPa) | |
|---------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-------------------------|-------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|
| | 北纬 | 东经 | 海拔(m) | 夏季通风 | 夏季空气调节日平均 | | 最热月平均 | 夏季通风 | | | | 冬季 | 夏季 |
| 广西壮族自治区 | | | | | | | | | | | | | |
| 东兴 | 21°32' | 107°58' | 21.0 | 30 | 30 | 27.7 | 87 | 77 | 0.9 | 37.8 | — | 101.725 | 100.258 |
| 灵山 | 22°25' | 109°17' | 65.6 | 31 | 30 | 27.4 | 81 | 71 | -0.2 | 38.2 | — | 101.191 | 99.725 |
| 柳州 | 24°21' | 109°24' | 96.9 | 32 | 31 | 26.7 | 78 | 64 | -3.8 | 39.2 | — | 101.058 | 99.325 |
| 贺县 | 24°25' | 111°31' | 108.0 | 32 | 31 | 27.3 | 77 | 62 | -4.0 | 39.7 | — | 100.925 | 99.325 |
| 四川省 | | | | | | | | | | | | | |
| 成都 | 30°40' | 104°04' | 505.9 | 29 | 28 | 26.7 | 85 | 69 | -5.9 | 37.3 | — | 96.392 | 94.792 |
| 重庆 | 29°31' | 106°29' | 351.1 | 32 | 32 | 26.7 | 74 | 57 | -1.8 | 40.2 | — | 97.992 | 96.392 |
| 宜宾 | 28°49' | 104°32' | 340.8 | 31 | 30 | 27.6 | 83 | 65 | -3.0 | 39.5 | — | 98.125 | 96.525 |
| 西昌 | 27°53' | 102°18' | 1590.7 | 27 | 27 | 21.7 | 76 | 58 | -3.4 | 36.5 | — | 83.860 | 83.460 |
| 甘孜 | 31°38' | 99°59' | 3393.5 | 19 | 17 | 14.3 | 72 | 52 | -28.7 | 31.7 | 95 | 67.061 | 67.461 |
| 南充 | 30°48' | 106°05' | 297.7 | 32 | 32 | 27.0 | 78 | 55 | -2.6 | 41.3 | — | 98.658 | 96.925 |
| 渡口 | 26°30' | 101°44' | 1108.0 | 31 | 31 | 21.5 | 45 | 41 | -1.3 | 40.4 | — | 88.926 | 88.126 |
| 自贡 | 29°21' | 104°41' | 354.9 | 31 | 31 | 27.1 | 81 | 64 | -2.8 | 40.0 | — | 97.992 | 96.258 |
| 乐山 | 29°30' | 103°45' | 424.2 | 29 | 29 | 26.2 | 84 | 69 | -4.3 | 38.1 | — | 97.192 | 95.592 |
| 泸州 | 28°52' | 105°25' | 334.8 | 31 | 31 | 26.9 | 82 | 63 | -0.8 | 40.3 | — | 84.926 | 83.193 |
| 剑阁 | 32°01' | 105°28' | 694.8 | 29 | 28 | 24.8 | 80 | 62 | -7.8 | 36.6 | — | 94.125 | 92.659 |
| 绵阳 | 31°28' | 104°40' | 470.8 | 30 | 26 | 26.2 | 83 | 65 | -7.3 | 37.0 | — | 96.792 | 95.192 |

(续)

| 地名 | 台站位置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的屋 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-----|--------|---------|--------|---------------|-------------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|--------|
| | 北纬 | 东经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最热 月月 平均 | 夏季 通风 | | | | 冬季 | 夏季 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 四川省 | | | | | | | | | | | | | |
| 广元 | 32°26' | 105°48' | 487.0 | 30 | 29 | 25.1 | 74 | 59 | -8.2 | 38.5 | — | 96.525 | 94.925 |
| 达县 | 31°16' | 107°28' | 311.2 | 33 | 32 | 27.7 | 79 | 54 | -4.7 | 42.3 | — | 98.525 | 96.792 |
| 大足 | 29°41' | 105°42' | 401.7 | 31 | 31 | 28.9 | 80 | 62 | -3.4 | 40.0 | — | 97.592 | 95.992 |
| 涪陵 | 29°45' | 107°25' | 273.0 | 33 | 33 | 27.2 | 74 | 54 | -2.7 | 42.2 | — | 99.058 | 97.192 |
| 麻定 | 30°05' | 102°02' | 2615.7 | 20 | 18 | 15.7 | 79 | 59 | -14.7 | 28.9 | — | 74.127 | 74.127 |
| 内江 | 29°35' | 105°03' | 352.3 | 31 | 31 | 27.2 | 82 | 63 | -3.0 | 41.1 | — | 98.125 | 96.392 |
| 万县 | 30°48' | 108°25' | 186.7 | 33 | 32 | 28.5 | 80 | 57 | -3.7 | 42.1 | — | 100.125 | 98.258 |
| 峨边山 | 29°31' | 103°21' | 3047.4 | 14 | 14 | 13.0 | 88 | 87 | -20.9 | 23.4 | — | 69.861 | 70.261 |
| 贵州省 | | | | | | | | | | | | | |
| 贵阳 | 26°35' | 106°43' | 1071.2 | 28 | 26 | 23.0 | 77 | 61 | -7.8 | 37.5 | — | 89.726 | 88.792 |
| 兴仁 | 25°26' | 105°11' | 1378.5 | 25 | 25 | 22.2 | 83 | 67 | -7.8 | 34.6 | — | 86.393 | 85.726 |
| 遵义 | 27°42' | 106°53' | 843.9 | 29 | 28 | 24.4 | 76 | 59 | -7.1 | 38.7 | — | 92.392 | 91.192 |
| 毕节 | 27°18' | 105°14' | 1510.6 | 26 | 25 | 21.9 | 78 | 61 | -10.9 | 33.8 | — | 85.059 | 84.393 |
| 赤水 | 28°35' | 105°42' | 293.0 | 32 | 32 | 27.7 | 75 | 61 | -1.9 | 41.3 | — | 98.792 | 96.925 |
| 习水 | 28°20' | 106°12' | 1180.6 | 27 | 26 | 23.2 | 80 | 67 | -8.3 | 34.4 | — | 88.659 | 87.726 |
| 金沙 | 27°28' | 106°14' | 920.0 | 29 | 28 | 24.1 | 75 | 59 | -6.8 | 36.7 | — | 91.459 | 90.392 |
| 凯里 | 26°36' | 107°59' | 722.6 | 29 | 28 | 24.4 | 76 | 61 | -9.7 | 37.0 | — | 93.859 | 92.525 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 温度(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-------|---------|---------|--------|---------------|-------------------|---|-----------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|--------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 | 夏季空 气调节 日平均 | | 最 热 月 平 均 | 夏 季 通 风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 贵 州 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 都 匀 | 26°16' | 107°31' | 760.0 | 28 | 27 | 23.9 | 80 | 64 | -6.9 | 36.3 | — | 92.925 | 91.726 |
| 安 顺 | 26°14' | 105°55' | 1392.0 | 25 | 24 | 21.8 | 81 | 67 | -7.6 | 34.3 | — | 86.259 | 85.593 |
| 兴 义 | 25°06' | 104°56' | 1299.6 | 26 | 25 | 23.0 | 86 | 69 | -4.9 | 35.7 | — | 87.193 | 86.526 |
| 水 城 | 26°35' | 104°52' | 1813.6 | 23 | 22 | 20.6 | 84 | 68 | -11.7 | 31.6 | — | 82.126 | 81.460 |
| 铜 仁 | 27°43' | 109°11' | 283.5 | 33 | 31 | 26.8 | 78 | 57 | -9.2 | 42.5 | — | 99.192 | 97.325 |
| 黔 西 | 27°02' | 106°01' | 1272.1 | 27 | 26 | 22.4 | 78 | 62 | -10.4 | 35.4 | — | 87.859 | 87.059 |
| 云 南 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 昆 明 | 25°01' | 102°41' | 1891.4 | 23 | 23 | 19.7 | 83 | 64 | -5.4 | 31.5 | — | 81.193 | 80.793 |
| 蒙 自 | 23°23' | 103°23' | 1300.7 | 26 | 25 | 21.8 | 79 | 64 | -4.4 | 26.0 | — | 87.059 | 86.393 |
| 楚 雄 | 25°01' | 101°32' | 1772.0 | 24 | 24 | 19.8 | 81 | 59 | -4.8 | 33.4 | — | 82.260 | 81.860 |
| 瑞 丽 | 24°01' | 97°50' | 775.6 | 26 | 26 | 24.2 | 87 | 75 | 1.2 | 36.6 | — | 92.659 | 91.859 |
| 景 洪 | 21°52' | 104°04' | 552.7 | 29 | 28 | 25.4 | 88 | 69 | 2.7 | 41.0 | — | 95.192 | 94.259 |
| 大 理 | 25°43' | 100°11' | 1990.5 | 23 | 22 | 20.3 | 81 | 53 | -3.0 | 34.0 | — | 80.127 | 79.860 |
| 下 关 | 25°35' | 100°10' | 1997.2 | 23 | 23 | 18.9 | 79 | 63 | -1.6 | 31.7 | — | 80.127 | 79.860 |
| 腾 冲 | 25°07' | 98°29' | 1647.8 | 23 | 22 | 20.3 | 90 | 72 | -4.2 | 30.5 | — | 83.593 | 83.060 |
| 昭 通 | 27°20' | 103°45' | 1949.5 | 24 | 23 | 18.8 | 78 | 60 | -13.3 | 33.5 | — | 80.526 | 80.127 |
| 临 沧 | 23°57' | 100°13' | 1463.5 | 25 | 23 | 21.3 | 87 | 69 | -1.3 | 34.6 | — | 85.059 | 84.393 |

(续)

| 地 名 | 台 站 位 置 | | | 室外计算 干球(℃) | | 夏季室外 平均每年 不保证50 小时的湿 球温度(℃) | 室外计算相 对湿度(%) | | 极端最 低温度 (℃) | 极端最 高温度 (℃) | 最大冻 土深度 (cm) | 大气压力(kPa) | |
|-----------|---------|---------|--------|-----------------|-----------------|---|-----------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|--------|
| | 北 纬 | 东 经 | 海拔(m) | 夏季 通风 日平均 | 夏季 通风 日平均 | | 最热 月平均 | 夏季 通风 | | | | 冬 季 | 夏 季 |
| 云 南 省 | | | | | | | | | | | | | |
| 芒 市 | 24°25' | 98°35' | 913.8 | 26 | 26 | 23.8 | 87 | 72 | -0.6 | 36.2 | — | 91.326 | 90.526 |
| 思 茅 | 22°40' | 101°24' | 1302.1 | 25 | 24 | 22.6 | 89 | 72 | -3.4 | 34.9 | — | 87.193 | 86.526 |
| 维 西 | 27°13' | 99°31' | 2325.6 | 22 | 20 | 17.9 | 80 | 60 | -6.8 | 31.7 | — | 77.060 | 76.793 |
| 勐 腊 | 21°29' | 101°29' | 639.1 | 28 | 27 | 25.0 | 89 | 71 | 3.2 | 38.1 | — | 91.250 | 93.459 |
| 西 藏 自 治 区 | | | | | | | | | | | | | |
| 拉 萨 | 29°42' | 91°08' | 3658.0 | 19 | 18 | 13.5 | 53 | 43 | -16.5 | 29.4 | 26 | 65.061 | 65.194 |
| 林 芝 | 29°33' | 94°21' | 3000.0 | 20 | 18 | 15.3 | 76 | 59 | -15.3 | 30.2 | 9 | 70.661 | 70.527 |
| 日 喀 则 | 29°13' | 88°55' | 3836.0 | 19 | 17 | 12.3 | 50 | 41 | -25.1 | 27.5 | 67 | 63.595 | 63.861 |
| 昌 都 | 31°11' | 96°59' | 3240.7 | 22 | 19 | 14.8 | 65 | 50 | -19.3 | 32.7 | 71 | 67.994 | 68.128 |
| 噶 尔 | 32°30' | 80°05' | 4278.0 | 16 | 16 | 9.0 | 40 | 30 | -33.9 | 25.7 | 176 | 60.262 | 60.528 |
| 察 隅 | 28°39' | 97°28' | 2050.0 | 23 | 21 | — | 78 | 54 | -4.5 | 30.9 | 7 | 76.927 | 76.680 |
| 波 密 | 29°52' | 95°46' | 2750.0 | 21 | 18 | 14.8 | 77 | 57 | -20.3 | 31.0 | 20 | 73.060 | 72.794 |
| 泽 当 | 29°15' | 91°47' | 3500.0 | 20 | 18 | 12.8 | 50 | 42 | -17.6 | 29.0 | 91 | 65.861 | 65.994 |

本表摘自《暖通空调气象资料集》冶金工业部北京有色冶金设计研究总院暖通规范管理组1979、12。

(二) 冷间设计温度和相对湿度

工艺要求确定, 一般可按表3—10规定选用。

冷间设计温度和相对湿度应根据各类食品冷藏

冷间设计温度和相对湿度

表3—10

| 序号 | 冷间名称 | 室温(℃) | 相对湿度(%) | 适用食品范围 |
|----|--------|--|--|---|
| 1 | 冷却间 | 0 | | 肉、蛋等 |
| 2 | 冻结间 | -18—-23 -23—-30 | | 肉、禽、兔、冰蛋、蔬菜、冰淇淋等 鱼、虾等 |
| 3 | 冷却物冷藏间 | 0 -2—0 -1—+1 0—+2 -1—+1 +2—+4 +1—+8 +11—+12 | 85—90 80—85 90—95 85—90 90—95 85—90 85—95 85—90 | 冷却后的肉、禽 鲜蛋 冰鲜鱼 苹果、雪梨等 大白菜、蒜薹、葱头、菠菜、香菜、胡萝卜、甘蓝、芹菜、莴苣等 土豆、桔子、荔枝等 柿子椒、菜豆、黄瓜、蕃茄、菠萝、柑等 香蕉等 |

(续)

| 序号 | 冷间名称 | 室温(℃) | 相对湿度(%) | 适用食品范围 |
|----|--------|--------------------|----------------|-----------------------------------|
| 4 | 冻结物冷藏间 | -15—-20 -18—-23 | 85—90 90—95 | 冻肉、禽、兔和副产、冰蛋、冻蔬菜、冰淇淋、冰棒等 冻鱼、虾等 |
| 5 | 贮冰间 | -4—-6 | | 盐水制冰的冰块 |

注：冷却物冷藏间设计温度一般取0℃，贮藏过程中应按照食品的产地、品种、成熟度和降温时间等调节其温度与相对湿度。

(三) 冷间冷却设备负荷计算

冷间冷却设备负荷应按下列式计算：

$$Q_g = Q_1 + PQ_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (3-4)$$

式中： Q_g ——冷间冷却设备负荷(W)。

Q_1 ——围护结构传热量(W)。

Q_2 ——货物热量(W)。

Q_3 ——通风换气热量(W)。

Q_4 ——电动机运转热量(W)。

Q_5 ——操作热量(W)。

P ——负荷系数。

冷却间和冻结间的负荷系数 P 应取1.3，其它冷间取1。(冷却物冷藏间，当入库商品未经冷却时，初始阶段有冷却负荷，因进货量仅为库容量的8%，故 P 仍取1)。

1. 围护结构传热量 Q_1 的计算

$$Q_1 = K \cdot A \cdot a(t_w - t_n) \quad (3-5)$$

式中： K ——围护结构的传热系数 $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$ 。

A ——围护结构的传热面积 (m^2) 。

a ——围护结构两侧温差修正系数。

t_w ——围护结构外侧的计算温度 $(^\circ C)$ 。

t_n ——围护结构内侧的计算温度 $(^\circ C)$ 。

围护结构的传热面积 A 计算应符合下列规定。

屋面、地面和外墙的长、宽度应按图 3—1 中

l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 计算。

楼板和内墙长、宽度应按图 3—1 中 l_5 、 l_6 、

l_7 、 l_8 计算。

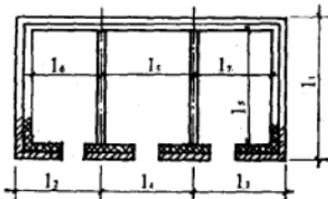


图 3—1 屋面、地面、楼面、外墙和内墙长、宽度示意图

外墙的高度，地下室应按图 3—2 中 h_1 、 h_2 计算，底层应按 h_3 计算，中间层应按 h_4 、 h_5 计算，顶层应按 h_6 、 h_7 计算。

内墙的高度：地下室、底层和中间层应按图 3—2 中 h_8 、 h_9 计算，顶层应按 h_{10} 、 h_{11} 计算。

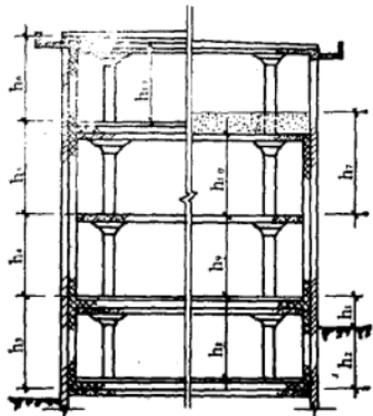


图 3—2 外墙和内墙高度示意图

围护结构的传热系数 K 值应按下式计算

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \dots + \frac{1}{\alpha_n}} \quad (3-6)$$

式中： α_w 、 α_n ——围护结构外、内表面的放热系数 $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$ 。

$\delta_1, \delta_2 \dots$ ——围护结构各构造层的厚度 (m)。

$\lambda_1, \lambda_2 \dots$ ——围护结构各构造层的热导率 $\left(\frac{W}{m \cdot ^\circ C}\right)$ 。

冷间围护结构外表面和内表面的放热系数 α_w 、 α_n 可按表3—11规定采用。

冷间围护结构外表面和内表面放热系数 α_w 、 α_n 和热绝缘系数 M_w 、 M_n

表3—11

| 围护结构部位及环境条件 | α_w $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$ | α_n $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$ | M_w 或 M_n $\left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}\right)$ | 围护结构部位及环境条件 | α_w $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$ | α_n $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$ | M_w 或 M_n $\left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}\right)$ |
|---|---|---|--|--------------------|---|---|--|
| 无防风设施的屋面、外墙的外表面 | 23 | | 0.044 | 2. 冷却物冷藏间设有强力鼓风装置时 | | 18 | 0.056 |
| 顶棚上为阁楼或有房屋和外墙上部紧邻其它建筑物的外表面 | 12 | | 0.083 | | 3. 冻结物冷藏间设有鼓风的冷却设备时 | | 12 |
| 外墙和顶棚的内表面、内墙和楼板的表面、地面的上表面： 1. 冻结间、冷却间设有强力鼓风装置时 | | 29 | 0.035 | 4. 冷间无机鼓风装置时 | | | 8 |
| | | | | | 地面下为通风架空层 | 8 | 0.125 |

注：地面下为通风加热管道和直接铺设于土壤上的地面以及半地下室外墙埋入地下的部位，外表面放热系数均可不计。

保温材料设计采用的热导率应按下式计算：

$$\lambda = \lambda' \cdot b \quad (3-7)$$

式中： λ ——设计采用的热导率 $\left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{C}}\right)$ 。

λ' ——正常条件下测定的热导率

$$\left(\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{C}}\right)。$$

b ——热导率的修正系数。

保温材料的热导率的修正系数 b 值可按表3—12规定采用：

围护结构两侧温差修正系数 a 值可按表3—13规定取值。冷库外墙、屋顶、隔墙、楼面、地面的

保温材料的热导率的修正系数 b 值

表3—12

| 序 号 | 材 料 名 称 | b | 序 号 | 材 料 名 称 | b |
|-----|----------|-----|-----|----------|-----|
| 1 | 软木 | 1.2 | 8 | 聚氨酯泡沫塑料 | 1.4 |
| 2 | 稻壳 | 1.7 | 9 | 矿棉 | 1.8 |
| 3 | 膨胀珍珠岩 | 1.7 | 10 | 沥青珍珠岩 | 1.2 |
| 4 | 炉渣 | 1.6 | 11 | 泡沫混凝土 | 1.3 |
| 5 | 聚苯乙烯泡沫塑料 | 1.3 | 12 | 加气混凝土 | 1.3 |
| 6 | 玻璃棉 | 1.8 | 13 | 水泥膨胀珍珠岩 | 1.3 |
| 7 | 岩棉 | 1.8 | 14 | 水玻璃膨胀珍珠岩 | 1.3 |

注：泡沫混凝土、加气混凝土、水泥膨胀珍珠岩及水玻璃膨胀珍珠岩的修正系数，为经过烘干的块状材料用沥青等不含水粘结材料贴铺、砌筑时的数值。

总热绝缘系数见表 3—14、3—15、3—16、3—17、3—18。冷库外墙、屋顶、隔墙、楼面、地面的传热系数及采用不同隔热材料的厚度表见表 3—

19、3—20、3—21、3—22、3—23、3—24、3—25、3—26。

围护结构两侧温差修正系数 a 值

表 3—13

| 序号 | 围护结构部位 | a | 序号 | 围护结构部位 | a |
|----|--|------|----|---|------|
| 1 | $D > 4$ 的外墙: 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间 | 1.05 | 5 | $D > 4$ 的无阁楼屋面, 屋面有通风层: 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间 | 1.20 |
| | | 1.10 | | | 1.30 |
| 2 | $D > 4$ 相邻有常温房间的外墙: 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间 | 1.00 | 6 | $D \leq 4$ 的外墙: 冻结物冷藏间 | 1.30 |
| | | 1.00 | | | |
| 3 | $D > 4$ 的冷间顶棚, 其上为通风阁楼, 屋面有隔热层或通风层 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间 | 1.15 | 7 | $D \leq 4$ 的无阁楼屋面: 冻结物冷藏间 | 1.60 |
| | | 1.20 | | | |
| 4 | $D > 4$ 的冷间顶棚, 其上为不通风阁楼, 屋面有隔热层或通风层: 冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、储冰间 | 1.20 | 8 | 半地下室外墙外侧为土壤时 | 0.20 |
| | | 1.30 | 9 | 冷间地面下部无通风等加热设备时 | 0.20 |
| | | | 10 | 冷间地面隔热层下有通风等加热设备时 | 0.60 |

(续)

| 序号 | 围护结构部位 | a | 序号 | 围护结构部位 | a |
|----|-----------------|------|----|---------|------|
| 11 | 冷间地面隔热层下为通风架空层时 | 0.70 | 12 | 两侧均为冷间时 | 1.00 |

注: 1.D为围护结构热惰性指标;

2.序号9—12两侧温度的取值如下:

(1)计算外墙、屋面和顶棚时,围护结构外侧的计算温度应采用夏季空气调节日平均温度。

(2)计算内墙和楼面时,围护结构外侧的计算温度应取其邻室的室温,当邻室为冷却间或冻结间时,应取该类冷间空库保温温度,空库保温温度冷却间应按 10°C 、冻结间应按 -10°C 计算。

(3)冷间地面保温层下设有通风加热装置时,其外侧温度按 $1-2^{\circ}\text{C}$ 计算,如地面下部无通风等加热装置或地面保温层下为通风架空层时,其外侧的计算温度应采用夏季空气调节日平均温度。

3.负温穿堂可参照冻结物冷藏间选用a值;

4.表内未列的其它室温等于或高于 0°C 的冷间可参照各项中冷却间的a值选用。

外墙、无阁楼的屋面、有阁楼的顶棚的总热绝缘系数 $(\text{m}^2\text{C}/\text{W})$

表3-14

| 室内外温差 $a \cdot \Delta t (^{\circ}\text{C})$ | 单位面积传入热量 (W/m^2) | | | | | 室内外温差 $a \cdot \Delta t (^{\circ}\text{C})$ | 单位面积传入热量 (W/m^2) | | | | |
|--|----------------------------------|------|------|------|------|--|----------------------------------|------|------|------|------|
| | 8.1 | 9.3 | 10.5 | 11.6 | 12.8 | | 8.1 | 9.3 | 10.5 | 11.6 | 12.8 |
| 90 | 11.03 | 9.67 | 8.30 | 7.75 | 7.05 | 50 | 6.15 | 5.38 | 4.77 | 4.30 | 3.91 |
| 80 | 9.55 | 8.60 | 7.83 | 7.18 | 6.15 | 40 | 4.77 | 4.30 | 3.74 | 3.44 | 3.05 |
| 70 | 8.60 | 7.83 | 6.62 | 6.15 | 5.38 | 30 | 3.74 | 3.18 | 2.88 | 2.58 | 2.32 |
| 60 | 7.18 | 6.62 | 5.72 | 5.07 | 4.77 | 20 | 2.45 | 2.15 | 1.89 | 1.72 | 1.55 |

隔墙总热绝缘系数 $M(m^2 \cdot ^\circ C/W)$

表 3-15

| 隔墙两侧室名及设计室温 | 单位面积传入热量 (W/m^2) | |
|---|--------------------|------|
| | 10.5 | 12.8 |
| 冻结间 $-23^\circ C$ ——冷却间 $0^\circ C$ | 3.61 | 2.97 |
| 冻结间 $-23^\circ C$ ——冻结间 $-23^\circ C$ | 2.67 | 2.19 |
| 冻结间 $-23^\circ C$ ——穿堂 $+4^\circ C$ | 2.58 | 2.11 |
| 冻结间 $-23^\circ C$ ——穿堂 $-10^\circ C$ | 2.11 | 1.55 |
| 冻结物冷藏间 -18 — $-20^\circ C$ ——冷却物冷藏间 $0^\circ C$ | 3.14 | 2.58 |
| 冻结物冷藏间 -18 — $-20^\circ C$ ——贮冰间 $-4^\circ C$ | 2.67 | 2.19 |
| 冻结物冷藏间 -18 — $-20^\circ C$ ——穿堂 $+4^\circ C$ | 2.67 | 2.19 |
| 冷却物冷藏间 $0^\circ C$ ——冷却物冷藏间 $0^\circ C$ | 2.11 | 1.55 |

注：隔墙总热绝缘系数已考虑生产中的温度波动因素。

楼面的总热绝缘系数 M

表 3-16

| 楼板上下冷间设计温度差 $(^\circ C)$ | $M(m^2 \cdot ^\circ C/W)$ | 楼板上下冷间设计温度差 $(^\circ C)$ | $M(m^2 \cdot ^\circ C/W)$ |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 35 | 4.77 | 8—12 | 2.58 |
| 23—28 | 4.09 | 5 | 1.89 |
| 15—20 | 3.31 | | |

注：1. 楼板总热绝缘系数已考虑生产中温度波动因素。

2. 当冷却物冷藏间楼板下为冻结物冷藏间时，其楼板总热绝缘系数不宜小于 $4.09m^2 \cdot ^\circ C/W$ 。

直接铺设在土壤上的地面总热绝缘系数M

表 3—17

| 冷间设计温度(℃) | M(m ² ·℃/W) | 冷间设计温度(℃) | M(m ² ·℃/W) |
|-----------|------------------------|-----------|------------------------|
| 0—-2 | 1.72 | -23—-28 | 3.91 |
| -5—-10 | 2.54 | -35 | 4.77 |
| -15—-20 | 3.18 | | |

注：当地面隔热层采用炉渣时，总热绝缘系数按本表乘以0.8修正系数。

铺设在架空层上的地面总热绝缘系数M

表 3—18

| 冷间设计温度(℃) | M(m ² ·℃/W) | 冷间设计温度(℃) | M(m ² ·℃/W) |
|-----------|------------------------|-----------|------------------------|
| 0—-2 | 2.15 | -23—-28 | 4.09 |
| -5—-10 | 2.71 | -35 | 4.77 |
| -15—-20 | 3.44 | | |

屋顶、外墙的传热系数K W/(m²·℃)

表 3—19

| 室内外温差 (℃) | 单位面积传入热量(W/m ²) | | | | | 室内外温差 (℃) | 单位面积传入热量(W/m ²) | | | | |
|--------------|-----------------------------|------|------|------|------|--------------|-----------------------------|------|------|------|------|
| | 8.1 | 9.3 | 10.5 | 11.6 | 12.8 | | 8.1 | 9.3 | 10.5 | 11.6 | 12.8 |
| 90 | 0.09 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 50 | 0.16 | 0.19 | 0.21 | 0.23 | 0.26 |
| 80 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 40 | 0.21 | 0.23 | 0.27 | 0.29 | 0.33 |
| 70 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.16 | 0.19 | 30 | 0.27 | 0.31 | 0.35 | 0.39 | 0.43 |
| 60 | 0.14 | 0.15 | 0.17 | 0.20 | 0.21 | 20 | 0.41 | 0.47 | 0.53 | 0.58 | 0.65 |

隔墙的传热系数K W/(m²·℃)

表 3—20

| 隔墙两侧室名及设计室温 | 单位面积传入热量 (W/m ²) | | 隔墙两侧室名及设计室温 | 单位面积传入热量 (W/m ²) | |
|------------------|---------------------------------|------|--------------------------|---------------------------------|------|
| | 10.5 | 12.8 | | 10.5 | 12.8 |
| 冻结间-23℃——冷却间0℃ | 0.28 | 0.34 | 冻结物冷藏间-18——20℃——冷却物冷藏间0℃ | 0.32 | 0.39 |
| 冻结间-23℃——冻结间-23℃ | 0.37 | 0.46 | 冻结物冷藏间-18——20℃——贮冰间-4℃ | 0.37 | 0.46 |
| 冻结间-23℃——穿堂+4℃ | 0.39 | 0.47 | 冻结物冷藏间-18——20℃——穿堂+4℃ | 0.37 | 0.46 |
| 冻结间-23℃——穿堂-10℃ | 0.47 | 0.65 | 冷却物冷藏间0℃——冷却物冷藏间0℃ | 0.47 | 0.65 |

注：隔墙的传热系数已考虑生产中的温度波动因素。

屋顶采用不同保温材料的厚度表

表 3-21

| 部 位 | 室外计算温度 (℃) | 室内温度 (℃) | D 值 | a 值 | 温差 (℃) | 无梁板上铺稻壳 | | | 无梁板上铺软木 | | | 双面铁皮加聚氨酯泡沫塑料 | | |
|--------|---------------|-------------|-----|------|-----------|------------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|
| | | | | | | 单位面积 传热量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) | 单位面积 传热量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) | 单位面积 传热量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 屋顶通风阁楼 | 29 | -20 | >4 | 1.15 | 56.35 | 8.1 | 0.99 | 0.9-1.0 | | | | | | |
| 屋顶通风阁楼 | 29 | -20 | >4 | 1.15 | 56.35 | 10.5 | 0.78 | 0.9 | | | | | | |
| 屋顶通风阁楼 | 29 | 0 | >4 | 1.20 | 34.80 | 10.5 | 0.46 | 0.5 | | | | | | |

(续)

| 部 位 | 室外计 算温度 (℃) | 室内 温度 (℃) | D值 | a值 | 温差 (℃) | 无梁板上铺稻壳 | | | 无梁板上铺软木 | | | 双面铁皮加聚氨基甲酸酯塑料 | | |
|---------|-------------------|-----------------|----|------|-----------|------------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|
| | | | | | | 单位面积 传热量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) | 单位面积 传热量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) | 单位面积 传热量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 屋顶不通风阁楼 | 29 | -20 | >4 | 1.20 | 58.80 | 8.1 | 1.03 | 0.9—1.0 | | | | | | |
| 屋顶不通风阁楼 | 29 | -20 | >4 | 1.20 | 58.80 | 10.5 | 0.81 | 0.9 | | | | | | |
| 屋顶不通风阁楼 | 29 | 0 | >4 | 1.30 | 37.7 | 10.5 | 0.50 | 0.5 | | | | | | |
| 屋顶无阁楼 | 29 | -20 | >4 | 1.20 | 58.80 | | | | 12.8 | 0.31 | 0.30 | | | |
| 屋顶无阁楼 | 29 | -20 | <4 | 1.60 | 78.4 | | | | | | | 12.8 | 0.186 | 0.18 |
| 屋顶无阁楼 | 29 | 0 | >4 | 1.30 | 37.7 | | | | 12.8 | 0.19 | 0.20 | | | |
| 屋顶通风阁楼 | 32 | -20 | >4 | 1.15 | 59.8 | 8.1 | 1.05 | 0.9—1.2 | | | | | | |
| 屋顶通风阁楼 | 32 | -23 | >4 | 1.15 | 59.8 | 10.5 | 0.83 | 0.9—1.0 | | | | | | |
| 屋顶通风阁楼 | 32 | 0 | >4 | 1.20 | 38.4 | 10.5 | 0.51 | 0.50 | | | | | | |
| 屋顶不通风阁楼 | 32 | -20 | >4 | 1.20 | 62.4 | 8.1 | 1.10 | 0.9—1.2 | | | | | | |
| 屋顶不通风阁楼 | 32 | -20 | >4 | 1.20 | 62.4 | 10.5 | 0.86 | 0.9—1.0 | | | | | | |
| 屋顶不通风阁楼 | 32 | 0 | >4 | 1.30 | 41.6 | 10.5 | 0.56 | 0.5 | | | | | | |
| 屋顶无阁楼 | 32 | -20 | >4 | 1.20 | 62.4 | | | | 12.8 | 0.33 | 0.3-0.35 | | | |
| 屋顶无阁楼 | 32 | -20 | <4 | 1.60 | 83.2 | | | | | | | 12.8 | 0.199 | 0.16 |
| 屋顶无阁楼 | 32 | 0 | >4 | 1.30 | 41.6 | | | | 12.8 | 0.21 | 0.2 | | | |

外墙采用不同保温

| 部 位 | 室外计算 温 度 (℃) | 室内温度 (℃) | D值 | a 值 | 温 差 (℃) | 一砖厚外墙、35毫米厚钢筋混 凝土隔板内衬墙、中间夹稻壳 | | |
|-------|--------------------|-------------|----|------|------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| | | | | | | 单位面积 传 热 量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 冻结间外墙 | 29 | -23 | >4 | 1.05 | 54.60 | 10.5 | 0.70 | 0.6—0.7 |
| 冷藏间外墙 | 29 | -20 | >4 | 1.05 | 51.45 | 10.5 | 0.66 | 0.6—0.65 |
| 冷藏间外墙 | 29 | -18 | >4 | 1.05 | 49.35 | 10.5 | 0.63 | 0.6 |
| 冷藏间外墙 | 29 | 0 | >4 | 1.10 | 31.90 | 10.5 | 0.38 | 0.4 |
| 冷藏间外墙 | 29 | -20 | <4 | 1.30 | 63.70 | | | |
| 冷藏间外墙 | 29 | -18 | <4 | 1.30 | 61.10 | | | |
| 冷藏间外墙 | 29 | -18 | >4 | 1.05 | 49.35 | 8.1 | 0.83 | 0.8 |
| 冷藏间外墙 | 29 | 0 | >4 | 1.10 | 31.90 | 8.1 | 0.51 | 0.5 |
| 冻结间外墙 | 32 | -23 | >4 | 1.05 | 57.75 | 10.5 | 0.75 | 0.6—0.7 |
| 冷藏间外墙 | 32 | -20 | >4 | 1.05 | 54.60 | 10.5 | 0.70 | 0.6—0.7 |

材料的厚度表

表 3—22

| 一砖厚外墙、内贴软木 | | | 一砖外墙，内贴聚苯乙烯泡沫塑料 | | | 双面铁皮，内夹聚氨酯泡沫塑料 | | |
|------------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------|-------------|
| 单位面积 传热量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) | 单位面积 传热量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) | 单位面积传热量 (W/m ²) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 12.8 | 0.26 | 0.25 | 10.5 | 0.22 | 0.20 | 12.8 | 0.153 | 0.15—0.16 |
| 12.8 | 0.24 | 0.20—0.25 | 10.5 | 0.202 | 0.20 | | | |
| 12.8 | 0.23 | 0.20—0.25 | 10.5 | 0.192 | 0.20 | | | |
| 12.8 | 0.13 | 0.10—0.15 | 10.5 | 0.120 | 0.10 | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | 12.8 | 0.148 | 0.15—0.16 |
| 12.8 | 0.28 | 0.25 | 10.5 | 0.23 | 0.20 | | | |
| 12.8 | 0.26 | 0.20—0.25 | 10.5 | 0.22 | 0.20 | | | |

| 部 位 | 室外计算 温 度 ($^{\circ}\text{C}$) | 室内温度 ($^{\circ}\text{C}$) | D值 | a 值 | 温 差 ($^{\circ}\text{C}$) | 一砖厚外墙、35毫米厚钢筋混 凝土插板内衬墙、中间夹稻壳 | | |
|-------|---------------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------------------|--|-------------|-------------|
| | | | | | | 单位面积 传 热 量 (W/m^2) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 冷藏间外墙 | 32 | -18 | >4 | 1.05 | 52.50 | 10.5 | 0.67 | 0.6—0.7 |
| 冷藏间外墙 | 32 | 0 | >4 | 1.10 | 35.20 | 10.5 | 0.42 | 0.4—0.45 |
| 冷藏间外墙 | 32 | -20 | <4 | 1.3 | 67.60 | | | |
| 冷藏间外墙 | 32 | -18 | <4 | 1.3 | 65.00 | | | |
| 冷藏间外墙 | 32 | -18 | >4 | 1.05 | 52.50 | 8.1 | 0.88 | 0.9 |
| 冷藏间外墙 | 32 | 0 | >4 | 1.10 | 35.20 | 8.1 | 0.56 | 0.55 |

注：表3—21、3—22中热导率采用：稻壳为 $0.151\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ ；软木为 $0.070\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ ；聚苯乙烯泡沫塑料为 $0.047\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ ；

(续)

| 一砖厚外墙、内贴软木 | | | 一砖外墙，内贴聚苯乙烯泡沫塑料 | | | 双面铁皮，内夹聚氨酯泡沫塑料 | | |
|----------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|
| 单位面积 传热量 (W/m^2) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) | 单位面积 传热量 (W/m^2) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) | 单位面积传热量 (W/m^2) | 计算厚度 (m) | 采用厚度 (m) |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 12.8 | 0.25 | 0.20—0.25 | 10.5 | 0.21 | 0.20 | | | |
| 12.8 | 0.15 | 0.15 | 10.5 | 0.13 | 0.10—0.15 | | | |
| | | | | | | 12.8 | 0.16 | 0.16 |
| | | | | | | 12.8 | 0.155 | 0.16 |

聚氨酯泡沫塑料为 $0.031W/(m \cdot ^\circ C)$ 。

隔墙采用不同保温材料的厚度表

表 3—23

| 隔墙两侧室名及设计室温(℃) | 两侧计算温差 (℃) | 两侧35毫米厚钢筋混凝土 土板中间夹稻壳 | | | 软木两侧抹面 | | | 聚苯乙烯泡沫塑料 两侧抹面 | | |
|--------------------------------|---------------|-------------------------|------|------------------|---------------------|------|-----------|---------------------|------|-----------|
| | | 单位面积 | 计算 | 采用厚度 | 单位面积 | 计算 | 采用厚度 | 单位面积 | 计算 | 采用厚度 |
| | | 传热量 | 厚度 | | 传热量 | 厚度 | | 传热量 | 厚度 | |
| | | (W/m ²) | (m) | (m) | (W/m ²) | (m) | (m) | (W/m ²) | (m) | (m) |
| 冻结间(-23)——冷却间(0) | 38(-23—+15) | 10.5 | 0.53 | 0.4—0.5 | 12.8 | 0.20 | 0.20 | 10.5 | 0.16 | 0.15 |
| 冻结间(-23)——冻结间(-23) | 28(-23—+5) | 10.5 | 0.39 | 0.4 | 12.8 | 0.15 | 0.15—0.20 | 10.5 | 0.12 | 0.10—0.15 |
| 冻结间(-23)——穿堂(+4) | 27(-23—+4) | 10.5 | 0.37 | 0.35—0.4 | 12.8 | 0.14 | 0.15 | 10.5 | 0.11 | 0.10—0.15 |
| 冻结间(-23)——穿堂(-10) | 20(-23—-7) | 10.5 | 0.30 | 0.30—0.35 | 12.8 | 0.10 | 0.10—0.15 | 10.5 | 0.09 | 0.10 |
| 冻结物冷藏间(-18—-20)—— 冷却物冷藏间(0) | 33(-20—+13) | 10.5 | 0.46 | 0.4 | 12.8 | 0.17 | 0.15—0.2 | 10.5 | 0.14 | 0.15 |
| 冻结物冷藏间(-18—-20)——贮冰间(-4) | 28(-20—+8) | 10.5 | 0.39 | 0.35—0.4 | 12.8 | 0.15 | 0.15 | 10.5 | 0.12 | 0.1加砖墙 |
| 冻结物冷藏间(-18—-20)——穿堂(+4) | 28(-20—+8) | 10.5 | 0.39 | 0.4 | 12.8 | 0.15 | 0.15 | 10.5 | 0.12 | 0.1—0.15 |
| 冷却物冷藏间(0)——冷却物冷藏间(0) | | 10.5 | 0.30 | 0.30—0.35 或不作 | 12.8 | 0.1 | 0.1或不作 | 10.5 | 0.09 | 0.1或不作 |

楼面的传热系数K和保温材料的厚度表

表 3—24

| 楼板上下冷间设计温度差 (℃) | K W/(m ² ·℃) | 采用软木(m) | | 楼板上下冷间设计温度差 (℃) | K W/(m ² ·℃) | 采用软木(m) | |
|--------------------|----------------------------|---------|------|--------------------|----------------------------|---------|------|
| | | 计算厚度 | 采用厚度 | | | 计算厚度 | 采用厚度 |
| 35 | 0.21 | 0.31 | 0.30 | 8—12 | 0.39 | 0.15 | 0.15 |
| 23—28 | 0.24 | 0.26 | 0.25 | 5 | 0.53 | 0.11 | 0.10 |
| 15—20 | 0.30 | 0.21 | 0.20 | | | | |

直接铺设在土壤上的地面传热系数K和不同保温材料的厚度表

表 3—25

| 冷间设计温度 (℃) | K W/(m ² ·℃) | 采用软木(m) | | 采用炉渣(m) | | 冷间设计温度 (℃) | K W/(m ² ·℃) | 采用软木(m) | | 采用炉渣(m) | |
|---------------|----------------------------|---------|-----------|---------|---------|---------------|----------------------------|---------|------|---------|------|
| | | 计算厚度 | 采用厚度 | 计算厚度 | 采用厚度 | | | 计算厚度 | 采用厚度 | 计算厚度 | 采用厚度 |
| 0—2 | 0.58 | 0.094 | 0.10 | 0.26 | 0.30或不作 | -23—-28 | 0.26 | 0.246 | 0.25 | 0.76 | |
| -5—-10 | 0.39 | 0.151 | 0.15 | 0.45 | 0.4—0.5 | -35 | 0.21 | 0.306 | | 0.97 | |
| -15—-20 | 0.31 | 0.196 | 0.20—0.25 | 0.60 | 0.60 | | | | | | |

注：炉渣密度按660kg/m³，热导率0.29W/(m·℃)计算。

铺设在架空层上的地面传热系数K和保温材料的厚度表

表 3—26

| 冷间设计温度 (℃) | K W/(m ² ·℃) | 采用软木(m) | | 冷间设计温度 (℃) | K W/(m ² ·℃) | 采用软木(m) | |
|---------------|----------------------------|---------|---------|---------------|----------------------------|---------|------|
| | | 计算厚度 | 采用厚度 | | | 计算厚度 | 采用厚度 |
| 0—-2 | 0.47 | 0.12 | 0.10或不作 | -23—-28 | 0.24 | 0.25 | 0.25 |
| -5—-10 | 0.37 | 0.16 | 0.15 | -35 | 0.21 | 0.30 | |
| -15—-20 | 0.29 | 0.21 | 0.20 | | | | |

2. 货物热量Q₂的计算

$$Q_2 = Q_{2a} + Q_{2b} + Q_{2c} + Q_{2d}$$

$$= \frac{1}{3.6} \left[\frac{G' \cdot (h_1 - h_2)}{T} + G' \cdot B \frac{(t_1 - t_2) c_b}{T} \right]$$

$$+ \frac{G' (q_1 + q_2)}{2} + (G_n - G') q_2 \quad (3-8)$$

式中: Q_{2a}——食品热量 (W)。

Q_{2b}——包装材料和运载工具热量 (W)。

Q_{2c}——货物冷却时的呼吸热量 (W)。

Q_{2d}——货物冷藏时的呼吸热量 (W)。

G'——冷间的每日进货量 (kg)。

h₁——货物进入冷间初始温度时的含热量

(kJ/kg)。

h₂——货物在冷间内终止降温时的含热量
(kJ/kg)。

T——货物冷却时间 (h)，对冷藏间取24h，
对冷却间、冻结间取设计冷加工时间。

B——货物包装材料或运载工具重量系数。

c_b——包装材料或运载工具的比热容
($\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{℃}}$)。

t₁——包装材料或运载工具进入冷间时的温
度 (℃)。

t_2 ——包装材料或运载工具在冷间内终止降温时的温度，一般为该冷间的设计温度（℃）。

q_1 ——货物冷却初始温度时的呼吸热量（W/kg）。

q_2 ——货物冷却终止温度时的呼吸热量（W/kg）。

G_n ——冷却物冷藏间的冷藏量，（kg）。

$\frac{1}{3.6}$ ——1 kJ/h换算成W的数值。

注：1. 仅鲜水果、鲜蔬菜冷藏间计算 Q_{2c} 、 Q_{2d} 。

2. 如冻结过程中需加水时，应把水的热量加入公式值内。

冷间的每日进货量 G' 应按下列规定取值：

(1) 冷却间或冻结间应按设计冷加工能力计算。

(2) 存放果、蔬的冷却物冷藏间按不大于该间冷藏吨位的 8% 计算。

(3) 存放鲜蛋的冷却物冷藏间，应不大于该间冷藏吨位的 5%。

(4) 有从外地调入货物的冷库，其冻结物冷藏间每间每日进货量应按该间冷藏吨位的 5% 计算。

(5) 无外地调入货物的冷库，其冻结物冷藏间每间每日进货量一般宜按该库每日冻结量计算，如该进货的量大于按该冷藏间吨位 5% 计算的进货量时，则应按该间冷藏吨位的 5% 计算。

(6) 冻结量大的水产冷库，其冻结物冷藏间的每日进货量可按具体情况确定。

食品的焓值表可按表 3—27 采用，该表内食品未考虑具体品种和含水量等影响，故采用时应附加 10% 的值。

货物包装材料和运载工具重量系数表可按表 3—28 采用。

食品的焐值表 (kJ/kg)

表 3—27

| 食品 温度 (℃) | 牛肉 各种 禽类 | 羊 肉 | 猪 肉 | 肉类 副产品 | 去骨 牛肉 | 少 脂 鱼 | 多 脂 鱼 | 鱼 片 | 鲜 蛋 | 蛋 黄 | 纯 牛 奶 | 奶 油 | 炼制 奶油 | 奶油 冰淇淋 | 牛奶 冰淇淋 | 葡萄 杏子 樱桃 | 水果及 其它 浆果 | 水果及 糖浆 浆果 | 加糖的 浆果 |
|-----------------|----------------|--------|--------|-----------|----------|-------------|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| -25 | -10.9 | -10.9 | -10.5 | -11.7 | -11.3 | -12.2 | -12.2 | -12.6 | -8.8 | -9.6 | -12.6 | -9.2 | -8.8 | -16.3 | -14.7 | -17.2 | -14.2 | -17.6 | -22.2 |
| -20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| -19 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.1 | 2.1 | 2.9 | 1.7 | 1.7 | 3.4 | 2.9 | 3.8 | 3.4 | 3.8 | 5.0 |
| -18 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.4 | 4.2 | 4.6 | 5.4 | 3.8 | 3.4 | 7.1 | 6.3 | 7.5 | 6.7 | 8.0 | 10.0 |
| -17 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.4 | 6.3 | 6.7 | 8.4 | 5.9 | 5.0 | 11.3 | 9.6 | 11.7 | 10.0 | 12.0 | 15.5 |
| -16 | 10.0 | 9.6 | 9.6 | 10.9 | 10.5 | 10.9 | 10.9 | 11.3 | 8.4 | 8.8 | 11.3 | 8.0 | 7.1 | 15.5 | 13.4 | 15.9 | 13.4 | 16.8 | 21.0 |
| -15 | 13.0 | 12.6 | 12.2 | 13.8 | 13.4 | 14.2 | 14.2 | 14.7 | 10.5 | 11.3 | 14.2 | 10.1 | 9.2 | 19.7 | 17.6 | 20.5 | 17.2 | 21.4 | 26.8 |
| -14 | 15.9 | 15.5 | 15.1 | 17.2 | 16.8 | 17.6 | 17.2 | 18.0 | 12.6 | 13.8 | 17.6 | 12.6 | 11.3 | 24.3 | 22.2 | 25.6 | 21.0 | 26.4 | 33.1 |
| -13 | 18.9 | 18.4 | 18.0 | 20.5 | 20.1 | 21.0 | 20.5 | 21.8 | 15.1 | 15.9 | 21.4 | 15.1 | 13.4 | 29.3 | 27.2 | 31.0 | 25.1 | 31.4 | 39.8 |
| -12 | 22.2 | 21.8 | 21.4 | 24.3 | 23.5 | 24.7 | 24.3 | 25.6 | 17.6 | 18.4 | 25.1 | 17.6 | 15.9 | 34.8 | 33.1 | 36.5 | 29.7 | 36.9 | 46.9 |
| -11 | 26.0 | 25.6 | 25.1 | 28.5 | 27.2 | 28.9 | 28.1 | 29.7 | 20.1 | 21.4 | 28.9 | 20.5 | 18.0 | 40.6 | 39.8 | 42.7 | 34.4 | 43.2 | 54.9 |
| -10 | 30.2 | 29.7 | 28.9 | 33.1 | 31.4 | 33.5 | 32.7 | 34.8 | 22.6 | 24.3 | 32.7 | 23.5 | 20.5 | 46.9 | 47.3 | 49.9 | 39.4 | 49.4 | 63.7 |

(续)

| 食品 温度 (℃) | 牛肉 | 羊 | 猪 | 肉类 | 去骨 | 少 | 多 | 鱼 | 鲜 蛋 | 蛋 | 纯 | 奶 | 炼制 | 奶油 | 牛奶 | 葡萄 | 水果及 | 水果及 | 加糖的 |
|-----------------|----------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 各种 禽类 | 肉 | 肉 | 副 产品 | 牛肉 | 脂 鱼 | 脂 鱼 | 片 | | 黄 | 牛 奶 | 油 | 油 | 冰淇淋 | 冰淇淋 | 杏子 | 其它 | 糖浆 | 糖浆 |
| -9 | 34.8 | 33.9 | 33.1 | 38.1 | 36.0 | 38.5 | 37.3 | 40.2 | 25.6 | 28.5 | 37.3 | 26.4 | 23.5 | 54.1 | 55.7 | 57.8 | 44.8 | 56.6 | 73.7 |
| -8 | 39.4 | 38.5 | 37.3 | 43.2 | 41.1 | 43.6 | 42.3 | 45.7 | 28.5 | 31.0 | 42.3 | 29.3 | 26.0 | 62.4 | 65.4 | 66.6 | 51.1 | 64.9 | 85.9 |
| -7 | 44.4 | 43.6 | 41.9 | 48.6 | 46.1 | 49.4 | 47.8 | 51.5 | 31.8 | 34.4 | 48.2 | 32.7 | 28.5 | 72.9 | 77.1 | 78.6 | 58.7 | 75.8 | 101.0 |
| -6 | 50.7 | 49.4 | 47.3 | 55.3 | 52.4 | 56.6 | 54.5 | 58.7 | 36.0 | 39.0 | 54.9 | 36.5 | 31.4 | 86.7 | 92.2 | 93.9 | 68.7 | 89.7 | 120.3 |
| -5 | 57.4 | 55.7 | 54.5 | 62.9 | 59.9 | 74.2 | 61.6 | 67.0 | 41.5 | 41.8 | 62.9 | 40.6 | 34.4 | 105.6 | 111.9 | 116.1 | 82.1 | 108.1 | 147.5 |
| -4 | 66.2 | 64.5 | 62.0 | 72.9 | 69.1 | 80.9 | 71.2 | 77.5 | 47.8 | 52.0 | 73.7 | 44.8 | 36.9 | 132.0 | 138.7 | 150 | 104.3 | 135.3 | 169.7 |
| -3 | 75.4 | 77.1 | 73.7 | 88.0 | 83.0 | 89.2 | 85.5 | 93.9 | 227.9/57.8* | 63.3 | 88.8 | 50.7 | 39.8 | 178.9 | 181.4 | 202.8 | 139.1 | 180.6 | 173.5 |
| -2 | 98.9 | 96.0 | 91.8 | 109.8 | 103.5 | 111.9 | 106.4 | 117.7 | 230.9/75.8* | 83.4 | 111.5 | 60.3 | 43.2 | 221.2 | 230.0 | 229.2 | 211.2 | 240.1 | 176.4 |
| -1 | 186.0 | 179.8 | 170.1 | 204.5 | 194.4 | 212.4 | 199.9 | 225.0 | 234.2/128.6* | 142.0 | 184.4 | 91.8 | 49.0 | 224.6 | 233.4 | 233.0 | 268.2 | 243.9 | 179.8 |
| 0 | 232.5 | 224.2 | 212.0 | 261.5 | 243.0 | 266.0 | 249.3 | 282.0 | 237.6 | 264.4 | 319.3 | 95.1 | 52 | 227.9 | 236.7 | 236.3 | 271.9 | 247.2 | 182.7 |
| 1 | 235.9 | 227.5 | 214.9 | 264.8 | 246.4 | 269.8 | 253.1 | 285.8 | 240.5 | 267.7 | 323.0 | 98.0 | 55.3 | 231.3 | 240.1 | 240.1 | 275.7 | 251.0 | 186.0 |
| 2 | 238.8 | 230.5 | 217.9 | 268.6 | 249.7 | 273.2 | 256.4 | 289.1 | 243.9 | 271.1 | 326.8 | 101.4 | 58.2 | 234.6 | 243.4 | 243.4 | 279.5 | 254.3 | 189.0 |
| 3 | 242.2 | 233.8 | 221.2 | 271.9 | 253.1 | 277.0 | 259.8 | 292.9 | 246.8 | 274.4 | 331.0 | 104.8 | 61.2 | 238.0 | 247.2 | 249.7 | 283.2 | 258.1 | 192.3 |
| 4 | 245.5 | 236.7 | 224.2 | 275.3 | 256.4 | 280.3 | 263.1 | 296.7 | 250.1 | 277.8 | 334.8 | 107.7 | 64.1 | 241.3 | 250.1 | 250.6 | 287.0 | 261.5 | 195.3 |
| 5 | 248.5 | 240.1 | 227.1 | 279.1 | 259.8 | 283.7 | 266.5 | 300.4 | 253.1 | 281.6 | 339.0 | 111.5 | 67.5 | 244.7 | 253.9 | 254.3 | 290.8 | 266.5 | 198.6 |

(续)

| 食品 温度 (℃) | 牛肉 各种 禽类 | 羊 肉 | 猪 肉 副产品 | 肉类 副产物 | 去骨 牛肉 | 少 脂 鱼 | 多 脂 鱼 | 鱼 片 | 鲜 蛋 | 蛋 黄 | 纯 牛 奶 | 奶 油 | 炼制 奶油 | 奶油 冰淇淋 | 牛奶 冰淇淋 | 葡萄 杏子 樱桃 | 水果及 其它 浆果 | 水果及 糖浆 浆果 | 加糖的 浆果 |
|-----------------|----------------|--------|---------------|-----------|----------|-------------|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 6 | 251.8 | 243.0 | 230.0 | 282.4 | 263.1 | 287.4 | 269.8 | 303.8 | 256.4 | 284.9 | 342.7 | 114.4 | 70.8 | 248.0 | 257.3 | 257.7 | 294.6 | 268.6 | 201.5 |
| 7 | 255.2 | 246.4 | 233.4 | 285.8 | 266.5 | 290.8 | 273.2 | 307.5 | 259.4 | 288.3 | 346.5 | 117.7 | 74.2 | 251.4 | 260.6 | 260.6 | 298.3 | 272.4 | 204.9 |
| 8 | 258.5 | 249.3 | 236.3 | 289.5 | 269.4 | 295.4 | 277.0 | 311.3 | 262.7 | 291.6 | 350.7 | 121.5 | 77.5 | 254.8 | 264 | 264.8 | 302.1 | 275.7 | 207.8 |
| 9 | 261.5 | 252.6 | 239.2 | 292.9 | 272.8 | 297.9 | 280.3 | 315.1 | 265.6 | 295.0 | 354.5 | 125.7 | 81.3 | 258.1 | 267.3 | 268.6 | 305.9 | 279.5 | 211.2 |
| 10 | 264.8 | 255.6 | 242.2 | 296.2 | 276.1 | 301.3 | 283.7 | 318.4 | 269.0 | 298.7 | 358.7 | 129.9 | 85.5 | 261.5 | 270.7 | 271.9 | 309.6 | 282.8 | 214.1 |
| 11 | 268.2 | 258.9 | 245.5 | 300.6 | 279.5 | 305.0 | 287.0 | 322.2 | 271.9 | 302.1 | 362.4 | 134.1 | 90.1 | 264.8 | 274.4 | 275.7 | 313.4 | 286.6 | 217.5 |
| 12 | 271.1 | 261.9 | 248.5 | 303.4 | 282.8 | 308.4 | 290.4 | 326.0 | 275.3 | 305.5 | 366.6 | 138.7 | 95.1 | 268.2 | 277.8 | 279.1 | 317.2 | 289.9 | 220.4 |
| 13 | 274.4 | 265.2 | 251.4 | 306.7 | 286.2 | 312.2 | 293.7 | 329.3 | 278.6 | 308.8 | 370.4 | 144.1 | 100.6 | 271.5 | 281.1 | 282.8 | 321.0 | 293.7 | 223.7 |
| 14 | 277.8 | 268.2 | 254.3 | 310.5 | 289.5 | 315.5 | 297.1 | 333.1 | 281.6 | 312.2 | 374.6 | 149.6 | 106.4 | 274.9 | 284.5 | 286.2 | 324.7 | 297.1 | 226.7 |
| 15 | 280.7 | 271.5 | 257.3 | 313.8 | 292.9 | 318.9 | 300.8 | 336.9 | 284.9 | 315.9 | 378.8 | 155.4 | 112.3 | 278.2 | 287.9 | 289.9 | 328.5 | 300.8 | 230.0 |
| 16 | 284.1 | 274.4 | 260.6 | 317.2 | 296.2 | 322.6 | 304.2 | 340.6 | 287.9 | 319.3 | 382.5 | 161.3 | 118.6 | 281.6 | 291.2 | 293.3 | 332.3 | 304.2 | 233.0 |
| 17 | 287.4 | 277.8 | 263.6 | 321.0 | 299.6 | 326.0 | 307.5 | 344.0 | 291.2 | 322.6 | 386.7 | 166.8 | 124.9 | 284.9 | 294.6 | 297.1 | 336.5 | 308.0 | 236.3 |
| 18 | 290.4 | 280.7 | 266.5 | 324.3 | 302.9 | 329.8 | 310.9 | 347.8 | 294.1 | 326.0 | 390.9 | 172.2 | 130.3 | 288.3 | 297.9 | 300.4 | 339.8 | 313.4 | 239.2 |
| 19 | 293.7 | 284.1 | 260.4 | 327.7 | 306.3 | 331.1 | 314.3 | 351.5 | 297.5 | 329.3 | 394.7 | 177.7 | 136.2 | 291.6 | 301.3 | 304.2 | 343.6 | 315.1 | 242.6 |
| 20 | 297.1 | 287.0 | 272.8 | 331.4 | 309.6 | 336.5 | 317.6 | 355.3 | 300.4 | 333.1 | 398.9 | 182.7 | 141.2 | 295.0 | 304.6 | 307.5 | 347.4 | 318.4 | 245.5 |

(续)

| 食品 温度 (℃) | 牛肉 | 羊 | 猪 | 肉类 | 去骨 | 少 | 多 | 鱼 | 鲜 | 蛋 | 纯 | 奶 | 炼制 | 奶油 | 牛奶 | 葡萄 | 水果及 | 水果及 | 加糖的 |
|-----------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|
| | 各种 禽类 | 肉 | 肉 | 副产品 | 牛肉 | 脂 鱼 | 脂 鱼 | 片 | 蛋 | 黄 | 奶 | 油 | 奶油 | 冰淇淋 | 冰淇淋 | 杏子 核桃 | 其它 浆果 | 糖浆 浆果 | 浆果 |
| 21 | 300.0 | 290.4 | 275.7 | 334.8 | 313 | 340.2 | 321.4 | 358.7 | 303.8 | 336.5 | 402.7 | 187.7 | 146.2 | 298.3 | 308.0 | 311.3 | 351.1 | 322.2 | 248.9 |
| 22 | 303.4 | 293.3 | 278.6 | 338.1 | 315.9 | 343.6 | 324.7 | 362.4 | 307.1 | 339.8 | 406.8 | 192.3 | 150.8 | 301.7 | 311.3 | 315.1 | 354.9 | 325.6 | 251.8 |
| 23 | 306.7 | 296.7 | 281.6 | 341.9 | 319.3 | 346.9 | 328.1 | 366.2 | 310.1 | 343.2 | 410.6 | 196.5 | 155.4 | 305.0 | 314.7 | 318.4 | 358.7 | 329.3 | 255.2 |
| 24 | 310.1 | 299.6 | 284.9 | 345.3 | 322.6 | 350.7 | 331.4 | 369.6 | 313.4 | 346.5 | 414.8 | 200.7 | 159.6 | 308.4 | 318.0 | 321.8 | 362.4 | 332.7 | 258.1 |
| 25 | 313.0 | 302.9 | 287.9 | 349.0 | 326.0 | 354.1 | 334.8 | 373.3 | 316.3 | 350.3 | 418.6 | 204.9 | 163.8 | 311.4 | 321.4 | 325.6 | 366.2 | 336.5 | 261.5 |
| 26 | 316.4 | 305.9 | 290.8 | 352.4 | 329.3 | 357.8 | 338.1 | 377.1 | 319.7 | — | 422.8 | 208.7 | 167.6 | 315.1 | 325.1 | 328.9 | 370.0 | 339.8 | 264.4 |
| 27 | 319.7 | 309.2 | 293.7 | 356.2 | 332.7 | 361.2 | 341.5 | 380.9 | 322.6 | — | 426.5 | 212.4 | 171.0 | 318.4 | 328.5 | 332.7 | 373.8 | 343.6 | 267.3 |
| 28 | 322.6 | 312.2 | 297.1 | 359.5 | 336.0 | 365.0 | 345.3 | 384.2 | 328.0 | — | 430.7 | 215.8 | 174.3 | 321.8 | 331.9 | 336.0 | 377.5 | 344.4 | 270.7 |
| 29 | 326.0 | 315.5 | 300.0 | 362.9 | 339.4 | 368.3 | 348.6 | 388.0 | 328.9 | — | 434.5 | 219.1 | 177.7 | 325.1 | 335.2 | 339.8 | 381.3 | 350.7 | 273.6 |
| 30 | 329.3 | 318.4 | 302.9 | 366.6 | 342.7 | 371.7 | 352.0 | 391.8 | 332.3 | — | 438.7 | 222.9 | 181.4 | 328.5 | 338.6 | 343.2 | 385.1 | 354.1 | 277.0 |
| 31 | 332.7 | 321.8 | 305.9 | 370.0 | 346.1 | 375.4 | 355.3 | 395.5 | 335.2 | — | 442.5 | 226.7 | 185.2 | 331.9 | 341.9 | 346.9 | 388.8 | 357.8 | 280.0 |
| 32 | 335.6 | 324.7 | 309.2 | 373.3 | 349.5 | 378.8 | 358.7 | 398.9 | 338.6 | — | 446.2 | 230.45 | 189.0 | 335.2 | 345.3 | 350.3 | 392.6 | 361.2 | 283.2 |
| 33 | 339.0 | 328.1 | 312.2 | 377.1 | 352.8 | 382.6 | 362.0 | 402.7 | 341.5 | — | 450.4 | 234.2 | 192.3 | 338.6 | 348.6 | 354.1 | 396.4 | 365.0 | 286.2 |
| 34 | 342.3 | 331.0 | 315.1 | 380.5 | 356.2 | 385.9 | 365.8 | 406.4 | 344.8 | — | 454.2 | 237.6 | 195.7 | 341.9 | 352.0 | 357.4 | 400.2 | 368.3 | 290.0 |
| 35 | 345.7 | 334.4 | 318.0 | 384.2 | 359.1 | 389.3 | 369.1 | 409.8 | 347.8 | — | 458.4 | 240.5 | 198.6 | 345.3 | 355.7 | 361.2 | 403.9 | 372.1 | 292.5 |

(续)

| 食品 温度 (℃) | 牛肉 各种 禽类 | 羊 肉 | 猪 肉 | 肉类 副产品 | 去骨 牛肉 | 少 脂 鱼 | 多 脂 鱼 | 鱼 片 | 鲜 蛋 | 蛋 黄 | 纯 牛 奶 | 奶 油 | 炼制 奶油 | 奶油 冰淇淋 | 牛奶 冰淇淋 | 葡萄 杏子 樱桃 | 水果及 其它 浆果 | 水果及 糖浆 浆果 | 加糖的 浆果 |
|-----------------|----------------|--------|--------|-----------|----------|-------------|-------------|--------|--------|--------|-------------|--------|----------|-----------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 36 | 348.6 | 337.3 | 321.4 | 387.6 | 362.4 | 393.0 | 372.5 | 413.6 | 351.1 | — | 462.2 | 243.4 | 201.1 | 348.6 | 359.1 | 364.5 | 407.7 | 375.4 | 295.8 |
| 37 | 352.0 | 340.7 | 324.3 | 390.9 | 365.8 | 396.4 | 375.8 | 417.3 | 354.1 | — | 465.9 | 246.4 | 203.6 | 352.8 | 362.4 | 368.3 | 411.5 | 379.2 | 298.8 |
| 38 | 355.3 | 343.6 | 327.2 | 394.7 | 369.1 | 400.2 | 379.2 | 421.1 | 357.0 | — | 470.1 | 248.9 | 206.2 | 355.3 | 365.8 | 371.7 | 415.2 | 382.6 | 302.1 |
| 39 | 358.7 | 347.0 | 330.2 | 398.1 | 372.5 | 403.5 | 381.3 | 424.5 | 360.3 | — | 473.9 | 251.4 | 208.2 | 358.7 | 369.1 | 375.4 | 419.0 | 386.3 | 305.0 |
| 40 | 361.6 | 349.9 | 333.5 | 401.4 | 375.8 | 406.9 | 385.9 | 428.2 | 363.3 | — | 477.7 | 253.9 | 210.8 | 362.0 | 372.5 | 378.8 | 422.8 | 389.7 | 308.4 |

注: 1.*分子为冷却鸡蛋的焓值, 分母为冻蛋的焓值。

2.以-20℃为基准, 其时各种食品的焓值均为零。

货物包装材料和运载工具重量系数表

表3—28

| 序号 | 食品类别 | 重量系数 B | 序号 | 食品类别 | 重量系数 B | |
|----|-------|-----------------------|-----|------|--------|------|
| 1 | 肉类、鱼类 | 冷藏 | 0.1 | 2 | 鲜蛋类 | 0.25 |
| | 类、冻蛋 | 肉类冷却或冻结(猪单轨叉挡式) | 0.1 | 3 | 鲜水果 | 0.25 |
| | 类 | 肉类冷却或冻结(猪双轨叉挡式) | 0.3 | 4 | 鲜蔬菜 | 0.35 |
| | | 肉类、鱼类、冻蛋类(搁架式) | 0.3 | | | |
| | | 肉类、鱼类、冻蛋类(吊笼式或架子式手推车) | 0.6 | | | |

包装材料或运载工具的比热容应按表 3—29 采用。

包装材料或运载工具的比热容表

表 3—29

| 名 称 | $c_b \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}} \right)$ | 名 称 | $c_b \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}} \right)$ |
|----------|---|-------|---|
| 木板类 | 2.51 | 黄油纸类 | 1.51 |
| 黄铜 | 0.39 | 布类 | 1.21 |
| 铁皮类 | 0.42 | 竹器类 | 1.51 |
| 铝皮 | 0.88 | 塑料薄膜类 | |
| 玻璃容器类 | 0.84 | 搪瓷类 | |
| 马粪纸、瓦楞纸类 | 1.47 | | |

包装材料或运载工具进入冷间时的温度应按下列规定取值。

(1) 在本冷间进行包装的货物，其包装材料或

运载工具温度的取值应按夏季空气调节日平均温度乘以生产旺季的温度修正系数。该系数见表 3—30；

包装材料或运载工具进入冷间的温度修正系数

表 3—30

| 进入冷间月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 温度修正系数 | 0.10 | 0.15 | 0.33 | 0.53 | 0.72 | 0.86 | 1.00 | 1.00 | 0.83 | 0.62 | 0.41 | 0.20 |

(2) 自外地调入已包装的货物，其包装材料温度应为该货物进入冷间时的温度，其运载工具温度

的取值也是按夏季空气调节日平均温度乘以生产旺季的温度修正系数。

货物冷却时及冷藏时的呼吸热量可按表 3—31 数值采用。

一些主要水果与蔬菜的呼吸热

表 3—31

| 品 名 | 不同温度 (°C) 下的呼吸热 (W/t) | | | | | | |
|---------|-----------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 杏 | 17 | 27 | 56 | 102 | 155 | 199 | — |
| 香蕉 (青) | — | — | 52 | 98 | 131 | 155 | — |
| 香蕉 (熟) | — | — | 58 | 116 | 164 | 242 | — |
| 成熟柠檬 | 9 | 13 | 20 | 33 | 47 | 58 | 78 |
| 甜樱桃 | 21 | 31 | 47 | 97 | 165 | 219 | — |
| 橙 | 10 | 13 | 19 | 35 | 56 | 69 | 96 |
| 西瓜 | 19 | 23 | 27 | 46 | 70 | 102 | — |
| 梨 (早熟) | 20 | 28 | 47 | 63 | 160 | 278 | — |
| 梨 (晚熟) | 10 | 22 | 41 | 56 | 126 | 219 | — |
| 苹果 (早熟) | 19 | 21 | 31 | 60 | 92 | 121 | 149 |
| 苹果 (晚熟) | 10 | 14 | 21 | 31 | 58 | 73 | — |
| 李 | 21 | 35 | 65 | 126 | 184 | 233 | — |
| 葡萄 | 9 | 17 | 24 | 36 | 49 | 78 | 102 |
| 香瓜 | 20 | 23 | 28 | 43 | 76 | 102 | — |
| 桃 | 19 | 22 | 41 | 92 | 131 | 181 | 236 |

(续)

| 品 名 | 不同温度(℃)下的呼吸热(W/t) | | | | | | |
|----------|-------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 菠萝(熟) | — | — | 45 | 70 | 80 | 87 | — |
| 酸樱桃 | 22 | 34 | 53 | 107 | 184 | 242 | — |
| 草莓 | 47 | 63 | 92 | 175 | 242 | 300 | 453 |
| 坚果 | 2 | 3 | 5 | 10 | 10 | 15 | — |
| 孢子甘蓝 | 67 | 78 | 135 | 228 | 295 | 520 | — |
| 菜花 | 63 | 17 | 88 | 138 | 259 | 402 | — |
| 卷心菜 | 33 | 36 | 51 | 78 | 121 | 194 | — |
| 结球甘蓝(冬天) | 19 | 24 | 24 | 38 | 58 | 116 | — |
| 马铃薯 | 20 | 22 | 24 | 26 | 36 | 44 | — |
| 胡萝卜 | 28 | 34 | 38 | 44 | 97 | 135 | — |
| 黄瓜 | 20 | 24 | 34 | 60 | 121 | 174 | — |
| 甜菜 | 20 | 28 | 34 | 60 | 116 | 213 | — |
| 西红柿 | 17 | 20 | 28 | 41 | 87 | 102 | — |
| 蒜 | 22 | 31 | 47 | 71 | 128 | 152 | — |
| 葱头 | 20 | 21 | 26 | 34 | 46 | 58 | — |
| 青豆 | 70 | 82 | 121 | 206 | 412 | 577 | 721 |
| 莴苣 | 39 | 44 | 51 | 102 | 189 | 339 | — |

(续)

| 品名 | 不同温度(℃)下的呼吸热(W/t) | | | | | | |
|-----|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| 蘑菇 | 121 | 131 | 160 | 252 | 485 | 635 | — |
| 豌豆 | 104 | 143 | 189 | 267 | 460 | 645 | 872 |
| 芹菜 | 20 | — | 29 | — | 102 | — | — |
| 玉蜀黍 | 80 | — | 116 | — | 465 | — | 756 |
| 青椒 | 33 | — | 64 | 96 | 114 | 131 | — |
| 芦笋 | 65 | — | 85 | 160 | 279 | 363 | — |
| 菠菜 | 82 | — | 199 | 313 | 523 | 897 | — |

注：表中抱子甘蓝又称嫩芽卷心菜，青豆又称四季豆。

货物进入冷间时的温度，应按下列规定的温度计算：

(1) 未经冷却的鲜肉温度应按35℃计算，已冷却的鲜肉温度按4℃计算。

(2) 从外地调入的冻肉温度按-8—-10℃计算。

(3) 无外地调入货品的冷库，进入冻结物冷藏

间的货物温度按该冷库冻结间终止降温时的货物温度计算。

(4) 冰鲜鱼虾整理后的温度按15℃计算。

(5) 鲜鱼虾整理后进入冷加工间的温度按整理鱼虾用水的水温计算。

(6) 鲜蛋、水果、蔬菜的进货温度，按当地食品进入冷间生产旺季的月平均温度计算

3. 通风换气热量 Q_3 的计算

$$Q_3 = Q_{3a} + Q_{3b} \\ = \frac{1}{3.6} \left[\frac{(h_w - h_n)nV\rho_n}{24} + 30n_r\rho_n(h_w - h_n) \right] \quad (3-9)$$

式中： Q_{3a} ——冷间换气热量(W)。

Q_{3b} ——操作人员需要的新鲜空气热量(W)。

h_w ——室外空气的含热量(kJ/kg)。

h_n ——室内空气的含热量(kJ/kg)。

n ——每日换气次数，一般可采用2—3次。

V ——冷藏间内净容积(m^3)。

ρ_n ——冷藏间内空气密度(kg/ m^3)。

24——每日小时数(h)。

30——每个操作人员每小时需要的新鲜空气量(m^3/h)。

n_r ——操作人员数量。

$\frac{1}{3.6}$ ——1 kJ/h换算成W的数值。

注：1. 通风换气热量只适用于贮存有呼吸的食品的冷藏间。

2. 有操作人员长期停留的冷间如加工间、包装间等，应计算操作人员需要新鲜空气的热量 Q_{3b} ，其余冷间可不计。

3. 计算室外空气的含热量时，应按夏季通风室外计算温度及夏季通风室外计算相对湿度取值。计算室内空气的含热量时，应按冷间设计温度和相对湿度取值。

4. 电动机运转热量 Q_4 的计算

$$Q_4 = 1000 \Sigma P \cdot \xi \cdot \rho \quad (3-10)$$

式中： P ——电动机额定功率(kW)。

ξ ——热转化系数，电动机在冷间内时应取1，电动机在冷间外时应取0.75。

ρ ——电动机运转时间系数。对冷风机配用的电动机取1，对冷间内其它设备配用的电动机可按实用情况取值，一般可按每昼夜操作8小时计，则

$$\rho = \frac{8}{24} = 0.33。$$

1000——1 kW 换算成 W 的数值。

5. 操作热量 Q_s 的计算

$$\begin{aligned} Q_s &= Q_{sa} + Q_{sb} + Q_{sc} \\ &= q_d A + 0.2778 \frac{V \cdot n \cdot (h_w - h_n) \cdot M \cdot \rho_n}{24} \\ &\quad + \frac{3}{24} n_r \cdot q_r \end{aligned} \quad (3-11)$$

式中： Q_{sa} ——照明热量 (W)。

Q_{sb} ——开门热量 (W)，当每间的冷藏门超过两樘时，应按两樘门的开门热量计算。

Q_{sc} ——操作人员热量 (W)。

q_d ——每平方米地板面积照明热量，冷藏间可取 1.8—2.3 W/m²，操作人员长时间停留的加工间、包装间等可取 5.8 W/m²。

A ——冷间地板面积 (m²)。

n ——每日开门换气次数，见图 3—3。

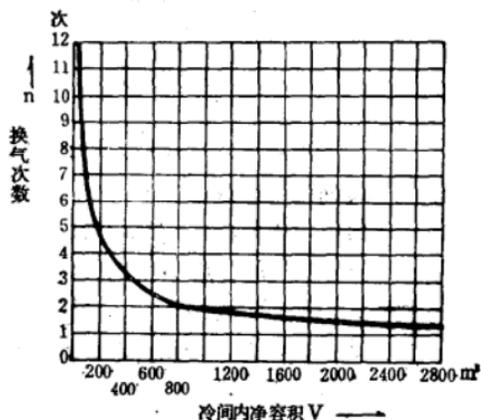


图 3—3 冷间开门换气次数图

V ——冷间内公称容积 (m³)。

h_n 、 h_w ——冷间内、外空气的含热量 (kJ/kg)。

M ——空气幕效率修正系数，可取 0.5，如不设空气幕时，则取 1。

24——每日小时数 (h)。

ρ_n ——冷间空气密度 (kg/m^3)。

$\frac{3}{24}$ ——每日操作时间系数,按每日操作 3 h 计。

n_r ——操作人员数,可按冷间内公称容积每 250m^3 增加 1 人。

q_r ——每个操作人员产生的热量 ($\text{W}/\text{个}$)。冷间设计温度高于或等于 -5°C 时取 $280\text{W}/\text{个}$;冷间设计温度低于 -5°C 时取 $410\text{W}/\text{个}$ 。

注:冷却间、冻结间不计算 Q_5 这项热量。

(四) 冷间机械负荷计算

冷间机械负荷应分别根据不同蒸发温度按下式计算:

$$Q_j = (n_1 \Sigma Q_1 + n_2 \Sigma Q_2 + n_3 \Sigma Q_3 +$$

$$n_4 \Sigma Q_4 + n_5 \Sigma Q_5) R$$

(3-12)

式中: Q_j ——机械负荷, (W)。

n_1 ——围护结构传热量的季节修正系数。

n_2 ——货物热量的机械负荷折减系数。

n_3 ——同期换气系数,一般取 $0.5-1.0$ (同时最大换气量与全库每日总换气量的比数,大时取大值)。

n_4 ——冷间用的电动机同期运转系数。

n_5 ——冷间同期操作系数。

R ——制冷装置和管道等冷损耗补偿系数,一般直接冷却系统取 1.07 ,间接冷却系统取 1.12 。

围护结构传热量的季节修正系数 n_1 ,一般应根据生产旺季出现的月份,按表 3-32,规定采用。当全年生产无明显淡旺季区别时,应取 1 。

货物热量的机械负荷折减系数 n_2 ,应根据冷间

季节修正系数 n_1 值表

表 3—32

| 纬度 | 月份 n_1 值 温度 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|-----------|---------------------|---------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| | | 北纬40°以上 | 0℃ | -0.70 | -0.50 | -0.10 | 0.40 | 0.70 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 0.70 | 0.30 | |
| -10 | -0.25 | -0.11 | 0.19 | 0.59 | 0.78 | 0.92 | 1.00 | 1.00 | 0.78 | 0.49 | 0.19 | -0.11 | | |
| -18 | -0.02 | 0.10 | 0.33 | 0.64 | 0.82 | 0.93 | 1.00 | 1.00 | 0.82 | 0.58 | 0.33 | 0.10 | | |
| -23 | 0.08 | 0.18 | 0.40 | 0.68 | 0.84 | 0.94 | 1.00 | 1.00 | 0.84 | 0.62 | 0.40 | 0.18 | | |
| -30 | 0.19 | 0.28 | 0.47 | 0.72 | 0.86 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 0.86 | 0.67 | 0.47 | 0.28 | | |
| 北纬35°—40° | 0℃ | -0.30 | -0.20 | 0.20 | 0.50 | 0.80 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 0.70 | 0.50 | 0.10 | -0.20 | 含35° |
| -10 | 0.05 | 0.14 | 0.41 | 0.65 | 0.86 | 0.92 | 1.00 | 1.00 | 0.78 | 0.65 | 0.35 | 0.14 | | |
| -18 | 0.22 | 0.29 | 0.51 | 0.71 | 0.89 | 0.93 | 1.00 | 1.00 | 0.82 | 0.71 | 0.38 | 0.29 | | |
| -23 | 0.30 | 0.36 | 0.56 | 0.74 | 0.90 | 0.94 | 1.00 | 1.00 | 0.84 | 0.74 | 0.40 | 0.36 | | |
| -30 | 0.39 | 0.44 | 0.61 | 0.77 | 0.91 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 0.86 | 0.77 | 0.47 | 0.44 | | |

(续)

| 纬度 | 月份 n ₁ 值 库温 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|-----------|------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 北纬30°—35° | 0℃ | 0.10 | 0.15 | 0.33 | 0.53 | 0.72 | 0.86 | 1.00 | 1.00 | 0.83 | 0.62 | |
| -10 | 0.31 | 0.36 | 0.48 | 0.64 | 0.79 | 0.86 | 1.00 | 1.00 | 0.88 | 0.71 | 0.55 | 0.38 | | |
| -18 | 0.42 | 0.46 | 0.56 | 0.70 | 0.82 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 0.88 | 0.76 | 0.62 | 0.48 | | |
| -23 | 0.47 | 0.51 | 0.60 | 0.73 | 0.84 | 0.91 | 1.00 | 1.00 | 0.89 | 0.78 | 0.65 | 0.53 | | |
| -30 | 0.53 | 0.56 | 0.65 | 0.76 | 0.85 | 0.92 | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 0.81 | 0.69 | 0.58 | | |
| 北纬25°—30° | 0℃ | 0.18 | 0.23 | 0.42 | 0.60 | 0.80 | 0.88 | 1.00 | 1.00 | 0.87 | 0.65 | 0.45 | 0.25 | 含25° |
| -10℃ | 0.39 | 0.41 | 0.56 | 0.71 | 0.85 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 0.73 | 0.59 | 0.44 | | |
| -18 | 0.49 | 0.51 | 0.63 | 0.76 | 0.88 | 0.92 | 1.00 | 1.00 | 0.92 | 0.78 | 0.65 | 0.53 | | |
| -23 | 0.54 | 0.56 | 0.67 | 0.78 | 0.89 | 0.93 | 1.00 | 1.00 | 0.92 | 0.80 | 0.67 | 0.57 | | |
| -30 | 0.59 | 0.61 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 0.93 | 1.00 | 1.00 | 0.93 | 0.82 | 0.72 | 0.62 | | |
| 北纬25°以下 | 0℃ | 0.44 | 0.48 | 0.63 | 0.79 | 0.94 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 0.93 | 0.81 | 0.65 | 0.49 | |
| -10 | 0.58 | 0.60 | 0.73 | 0.85 | 0.95 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 0.85 | 0.75 | 0.63 | | |
| -18 | 0.65 | 0.67 | 0.77 | 0.88 | 0.96 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 0.88 | 0.79 | 0.69 | | |
| -23 | 0.68 | 0.70 | 0.79 | 0.89 | 0.96 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 0.89 | 0.81 | 0.72 | | |
| -30 | 0.72 | 0.73 | 0.82 | 0.90 | 0.97 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | 0.97 | 0.90 | 0.83 | 0.75 | | |

的性质确定，冷加工间和其它冷间应取1。冷却物 冷藏间宜按下列数值取值：公称容积为10000m³以

下时取0.6,公称容积为10001—30000m³时取0.45,公称容积为30001m³以上时取0.3。冻结物冷藏间宜按下列数值取值:公称容积为7000m³以下时取0.5,公称容积为7001—20000m³时取0.65,公称容积为20001m³以上时取0.8。

冷间用的电动机同期运转系数 n_4 和冷间的同期操作系数 n_5 ,应按表3—33规定采用。

冷间用电动机同期运转系数 n_4 和冷间同期操作系数 n_5

表 3—33

| 冷间总间数 | n_4 或 n_5 | 冷间总间数 | n_4 或 n_5 |
|-------|---------------|----------|---------------|
| 1 | 1 | ≥ 5 | 0.4 |
| 2—4 | 0.5 | | |

注: 1.本表中冷间用电动机同期运转系数 n_4 ,冷却间、冻结间中的冷风机,其值取1,其它冷间则按本表取值。

2.冷间总间数应按同一蒸发温度且用途相同的冷间间数计算。

(五) 冷库各类冷加工间、冷藏间等单位制冷负荷

1. 肉类冷冻加工单位制冷负荷

表 3-34

| 序号 | 冷间温度 (°C) | 肉内降温情况 | | 冷冻加工 时间* ¹ (h) | 单位制冷负荷 (W/t) | | 序号 | 冷间温度 (°C) | 肉内降温情况 | | 冷冻加工 时间* ¹ (h) | 单位制冷负荷 (W/t) | |
|--------|---------------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|-------|----|-------------------|--------------|--------------|---------------------------------|--------------|------|
| | | 入冷间时 (°C) | 出冷间时 (°C) | | 冷却设 备负荷 | 机械负荷 | | | 入冷间时 (°C) | 出冷间时 (°C) | | 冷却设 备负荷 | 机械负荷 |
| 一、冷却加工 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | -2 | +35 | +4 | 20 | 3000 | 2300 | 1 | -23 | +4 | -15 | 20 | 5300 | 4500 |
| 2 | -7/-2* ² | +35 | +4 | 11 | 5000 | 4000 | 2 | -23 | +12 | -15 | 12 | 8200 | 6900 |
| 3 | -10 | +35 | +12 | 8 | 6200 | 5000 | 3 | -23* ³ | +35 | -15 | 20 | 7600 | 5800 |
| 4 | -10 | +35 | +10 | 3 | 13000 | 10000 | 4 | -30 | +4 | -15 | 11 | 9400 | 7500 |
| 二、冻结加工 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 5 | -30 | -10 | -13 | 16 | 6700 | 5400 |

注: 1.*¹冷冻加工时间不包括肉类进冷间、出冷间的搬运时间。

2.*²此处系指冷间温度先为-7°C,待肉体表面温度降到±0°C时,改用冷间温度-2°C继续降温。

3.*³系一次冻结(即肉类不经过冷却,氨系统直接用低于-33°C蒸发温度)。

4.本表内冷却设备负荷,已包括食品冷冻加工的热量 Q_2 的负荷系数P(即1.3 Q_2)的数值。

5.本表内机械负荷,已包括管道等冷损耗补偿系数7%。

2. 冷藏间、制冰等单位制冷负荷

表3—35

| 序号 | 冷间名称 | 冷间温度 (℃) | 单位制冷负荷 (W/t) | | 序号 | 冷间名称 | 冷间温度 (℃) | 单位制冷负荷 (W/t) | |
|---------|---------------------|-------------|-----------------|-------|--------|-----------------------|-------------|-----------------|-----------|
| | | | 冷却设备负荷 | 机械负荷 | | | | 冷却设备负荷 | 机械负荷 |
| 一、冷藏间方面 | | | | | 7 | 10000-20000t多层库冻结物冷藏间 | -18 | 28 | 21 |
| 1 | 一般冷却物冷藏间 | ±0、-2 | 88 | 70 | 二、制冰方面 | | | | |
| 2 | 250t以下冻结物冷藏间 | -15、-18 | 82 | 70 | 1 | 盐水制冰方式 | | | 机械负荷 7000 |
| 3 | 500-1000t冻结物冷藏间 | -18 | 53 | 47 | 2 | 桶式快速制冰 | | | 机械负荷 7800 |
| 4 | 1000-3000t单层库冻结物冷藏间 | -18、-20 | 41-47 | 30-35 | 3 | 贮冰间 | | | 机械负荷 25 |
| 5 | 1500-3500t多层库冻结物冷藏间 | -18 | 41 | 30-35 | | | | | |
| 6 | 4500-9000t多层库冻结物冷藏间 | -18 | 30-35 | 24 | | | | | |

注：本表内机械负荷，已包括管道等冷损失补偿系数7%

3. 冻结物冷藏间每吨需用冷却面积

表3—36

| 序号 | 冷库分类 | 冷间温度 (℃) | 冷间每吨堆货需用冷却面积 (m ² /t) | | 序号 | 冷库分类 | 冷间温度 (℃) | 冷间每吨堆货需用冷却面积 (m ² /t) | |
|----|--------------|-------------|----------------------------------|---------|----|----------------|-------------|----------------------------------|---------|
| | | | 采用光滑管式 | 采用翅片管式 | | | | 采用光滑管式 | 采用翅片管式 |
| 1 | 250吨以下冷库 | -15、-18 | 0.90-1.2 | 2.5-3.0 | 4 | 1500-3500t多层冷库 | -18 | 0.55-0.68 | 1.5-1.8 |
| 2 | 500-1000t冷库 | -18 | 0.70-0.95 | 1.8-2.7 | 5 | 4500-9000t多层冷库 | -18 | 0.45-0.50 | 1.3-1.5 |
| 3 | 1000-3000t冷库 | -18、-20 | 0.60-0.90 | 1.8-2.7 | | | | | |

4. 冷库冷间净面积与冷却设备表面积之比

表3—37

| 序号 | 冷库贮存吨位 (t) | 楼层 | 冷间名称 | 冷间净面积 (m ²) | 冷间温度 (°C) | 冷间相对湿度 (%) | 每m ² 冷间净面积与冷却设备表面积之比 | 冷加工时间 (h) | 备注 |
|----|------------|----|--------|-------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------|------|
| 1 | 230 | 单层 | 冻结间 | 30—40 | -23 | 95 | 1:1.0—1:1.1 | 20 | 一次冻结 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100以下 | -13 | 95 | 1:2.3—1:2.6 | 24 | 翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100以下 | -13 | 95 | 1:1.0—1:1.1 | 24 | 光滑管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100—200 | -18 | 95 | 1:2.0—1:2.5 | 24 | 翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100—200 | -18 | 95 | 1:1.0—1:1.05 | 24 | 光滑管 |
| 2 | 500 | 单层 | 冷却间 | 60—75 | ±0 | 85 | 1:4.2—1:4.8 | 20 | |
| | | | 冻结间 | 60—75 | -23 | 95 | 1:9.4—1:10 | 20 | |
| | | | 冻结间 | 60—75 | -23 | 95 | 1:11—1:13 | 20 | 一次冻结 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100以下 | -18 | 95 | 1:1.8—1:2.1 | 24 | 翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100以下 | -18 | 95 | 1:0.9—1:1.0 | 24 | 光滑管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100—200 | -18 | 95 | 1:1.8—1:2.1 | 24 | 翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100—200 | -18 | 95 | 1:0.75—1:0.95 | 24 | 光滑管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 200以上 | -18 | 95 | 1:1.8—1:2.0 | 24 | 翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 200以上 | -18 | 95 | 1:0.72—1:0.95 | 24 | 光滑管 |
| 3 | 1000 | 单层 | 贮冰间 | 30—40 | -4 | | 1:0.6—1:0.7 | 24 | 光滑管 |
| | | | 冷却间 | 90—105 | ±0 | 85 | 1:3.5—1:4.0 | 20 | |
| | | | 冻结间 | 90—105 | -23 | 95 | 1:8.0—1:10 | 20 | |

(续)

| 序号 | 冷库贮存吨位 (t) | 楼层 | 冷间名称 | 冷间净面积 (m ²) | 冷间温度 (℃) | 冷间相对湿度 (%) | 每m ² 冷间净面积与冷却设备表面积之比 | 冷加工时间 (h) | 备注 |
|----|------------|----|--------|-------------------------|----------|------------|---------------------------------|-----------|--------|
| 3 | 1000 | 单层 | 冻结物冷藏间 | 200以下 | -18 | 95 | 1:1.8—1:1.9 | 24 | 翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 200以下 | -18 | 95 | 1:0.9—1:1.1 | 24 | 光滑管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 200以上 | -18 | 95 | 1:1.68—1:1.7 | 24 | 翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 200以上 | -18 | 95 | 1:0.94—1:1.1 | 24 | 光滑管 |
| | | | 贮冰间 | 100以上 | -4 | | 1:0.6—1:0.7 | 24 | 光滑管 |
| 4 | 3000 | 多层 | 冷却间 | 90—105 | ±0 | 85 | 1:3.5—1:4.0 | 20 | |
| | | | 冻结间 | 90—105 | -23 | 95 | 1:8.0—1:10 | 20 | |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100—200 | -18 | 95 | 1:1.3—1:1.4 | 24 | 中间层翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100—200 | -18 | 95 | 1:0.42—1:0.49 | 24 | 中间层光滑管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 200以上 | -18 | 95 | 1:1.3—1:1.4 | 24 | 中间层翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 200以上 | -18 | 95 | 1:0.42—1:0.49 | 24 | 中间层光滑管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100—200 | -18 | 95 | 1:1.6—1:1.7 | 24 | 顶层翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 100—200 | -18 | 95 | 1:0.51—1:0.65 | 24 | 顶层光滑管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 200以上 | -18 | 95 | 1:1.6—1:1.7 | 24 | 顶层翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 200以上 | -18 | 95 | 1:0.51—1:0.65 | 24 | 顶层光滑管 |
| 5 | 4500 | 多层 | 贮冰间 | 150以上 | -4 | | 1:0.6—1:0.7 | 24 | 光滑管 |
| | | | 冷却间 | 90—105 | ±0 | 85 | 1:6—1:7 | 11 | 快速冷却 |

(续)

| 序号 | 冷库贮存吨位(t) | 楼层 | 冷间名称 | 冷间净面积(m ²) | 冷间温度(℃) | 冷间相对湿度(%) | 每m ² 冷间净面积与冷却设备表面积之比 | 冷加工时间(h) | 备注 |
|----|-----------|----|---------------|------------------------|-----------|-----------|---------------------------------|----------|---|
| 5 | 4500 | 多层 | 冷却间 | 90—105 | ±0 | 85 | 1:3.5—1:4.0 | 20 | 中间层翅片管 中间层光滑管 顶层翅片管 顶层光滑管 光滑管 |
| | | | 冻结间 | 90—105 | -23 | 95 | 1:8—1:10 | 20 | |
| | | | 冻结物冷藏间 | 300以下 | -18 | 95 | 1:1.1—1:1.2 | 24 | |
| | | | 冻结物冷藏间 | 300以下 | -18 | 95 | 1:0.425—1:0.51 | 24 | |
| | | | 冻结物冷藏间 | 300以上 | -18 | 95 | 1:1.0—1:1.7 | 24 | |
| | | | 冻结物冷藏间 贮冰间 | 300以上 150以上 | -18 -4 | 95 95 | 1:0.67—1:0.72 1:0.6—1:0.7 | 24 24 | |
| 6 | 6000 | 多层 | 冷却间 | 90—105 | ±0 | 85 | 1:3.5—1:4.0 | 20 | 中间层翅片管 中间层光滑管 顶层翅片管 顶层光滑管 光滑管 |
| | | | 冻结间 | 90—105 | -23 | 95 | 1:8.0—1:11 | 20 | |
| | | | 冻结物冷藏间 | 300以上 | -18 | 95 | 1:1.1—1:1.2 | 24 | |
| | | | 冻结物冷藏间 | 300以上 | -18 | 95 | 1:0.43—1:0.49 | 24 | |
| | | | 冻结物冷藏间 | 300以上 | -18 | 95 | 1:1.6—1:1.7 | 24 | |
| | | | 冻结物冷藏间 贮冰间 | 300以上 150以上 | -18 -4 | 95 95 | 1:0.51—1:0.6 1:0.6—1:0.7 | 24 24 | |
| 7 | 9000 | 多层 | 冷却间 | 90—105 | ±0 | 85 | 1:3.5—1:4.0 | 20 | 中间层翅片管 |
| | | | 冻结间 | 90—105 | -23 | 95 | 1:8.0—1:11 | 20 | |
| | | | 冻结物冷藏间 | 300以上 | -18 | 95 | 1:1.1—1:1.2 | 24 | |

(续)

| 序号 | 冷库贮存吨位 (t) | 楼层 | 冷间名称 | 冷间净面积 (m ²) | 冷间温度 (°C) | 冷间相对湿度 (%) | 每m ² 冷间净面积与冷却设备表面积之比 | 冷加工时间 (h) | 备注 |
|----|------------|----|--------|-------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------|--------|
| 7 | 9000 | 多层 | 冻结物冷藏间 | 300以上 | -18 | 95 | 1:0.43—1:0.53 | 24 | 中间层光滑管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 300以上 | -18 | 95 | 1:1.6—1:1.7 | 24 | 顶层翅片管 |
| | | | 冻结物冷藏间 | 300以上 | -18 | 95 | 1:0.482—1:0.6 | 24 | 顶层光滑管 |
| | | | 贮冰间 | 150以上 | -4 | | 1:0.6—1:0.7 | 24 | 光滑管 |

注：1.本表数据系按照商业系统各冷库设计资料统计而成，仅供参考。

2.本表备注栏内，凡注明一次冻结，均为在该冷间内既进行冷却又进行冻结，备注栏内未注明者均为在该冷间内仅进行冷却或冻结。

3.本表内多层冷库底层（一层）冷间的冷却设备表面积的配比可参照顶层冷间的配比。

三、易腐食品冷藏方面参考资料

一般食品，由于由蛋白质、糖类、脂肪、维生素、酶以及水、矿物质等组成，适宜于微生物的生存而促使食品分解，至使腐坏变质。所以食品一般都为易腐品。

食品的保藏，按方法可分：

化学保藏法——以少量对人体无害且有杀菌能力的化学物品作防腐剂注入食品内，以制止微生物的生长繁殖。

生物保藏法——人为地利用某些食品经过发酵变酸的特性，来抑制微生物的

生长繁殖。

物理保藏法——用干制、加盐、加糖和高温或低温的方法来达到保藏的目的。

冷藏，即是用低温加工后的食品保藏在低温（接近0℃或在0℃下）房间中。使一般易腐食品，能获得较长时期的储藏。

（一）易腐食品的主要物理性质

易腐食品的主要物理性质，参见表3—38。

食品的密度即以单位体积食品与同体积的4℃的水的重量之比。一般在0.9—1.1之间。

食品的比热容是1kg食品，在温度增减1℃时所吸收或放出的热量。它与食品中含水量、温度降低幅度成正比，与含脂肪量成反比。

食品温度高于其汁液冻结点时的比热容。

一般食品的主要物理特性

表3—38

| 序号 | 食品名称 | 含水量 (%) | 冰 冻 点 (℃) | 比热容kJ/(kg·℃) | | 潜 热 (kJ/kg) | 贮藏容积 (m ³ /t) | 贮藏温度 (℃) | 贮藏相对湿度 (%) | 贮藏期天 (月) |
|----|------|---------|-----------|--------------|--------|-------------|--------------------------|-----------|------------|----------|
| | | | | 高于冰冻点时 | 低于冰冻点时 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 苹果 | 85 | -2 | 3.85 | 2.09 | 281 | 7.5 | -1/+1 | 85—90 | (2—7) |
| 2 | 苹果汁 | | -1.7 | | | | 7.5 | +4.5 | 85 | (3) |
| 3 | 杏子 | 85.4 | -2 | 3.68 | 1.93 | 285 | 7.5 | -0.5/+1.6 | 78—85 | 7—14 |

(续)

| 序号 | 食品名称 | 含水量 (%) | 冰 冻 点 (℃) | 比热容kJ/(kg·℃) | | 潜 热 (kJ/kg) | 贮藏容积 (m ³ /t) | 贮藏温度 (℃) | 贮藏相 对湿度 (%) | 贮藏期天 (月) |
|----|--------|------------|--------------|--------------|-----------|----------------|-----------------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | | 高于冰冻点时 | 低于冰冻点时 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 4 | 杏子干 | | | | | | 7.5 | +0.5 | 75 | (6) |
| 5 | 龙须菜 | 94 | -2 | 3.89 | 1.93 | 314 | 7.5 | 0/+2 | 85—90 | 21—28 |
| 6 | 咸肉(初腌) | 39 | -1.7 | 2.14 | 1.34 | 131 | 9.4 | -23/-10 | 90—95 | (4—6) |
| 7 | 腊肉(熏制) | 13—29 | | 1.26—1.80 | 1.01—1.21 | 42/92 | | +15/+18 | 60/65 | |
| 8 | 香蕉 | 75 | -1.7 | 3.35 | 1.76 | 251 | 15.6 | +11.7 | 85 | 14 |
| 9 | 干蚕豆 | 13 | -1.7 | 1.26 | 1.01 | 42 | 7.5 | +0.7 | 70 | (6) |
| 10 | 扁豆 | 89 | -1.5 | 3.85 | 1.97 | 297 | | +1/+7.5 | 85/90 | 8—10 |
| 11 | 甜菜 | 72 | -2 | 3.22 | 1.72 | 243 | | 0/+1.5 | 88—92 | 7—42 |
| 12 | 啤酒 | 89—91 | -2 | 3.77 | 1.88 | 302 | 6.2/10.6 | 0/+5 | | (6) |
| 13 | 洋白菜 | 85 | | 3.85 | 1.97 | 285 | | 0/+1.5 | 90—95 | 21—28 |
| 14 | 黄油 | 14—15 | -2.2 | 2.30 | 1.42 | 197 | 5 | -10/-1 | 75—80 | (6) |
| 15 | 酪乳 | 87 | -1.7 | 3.77 | | | 9.4 | 0 | 85 | (1) |
| 16 | 卷心菜 | 91 | -0.5 | 3.89 | 1.97 | 306 | 15.6 | 0/+1 | 85—90 | (1—3) |
| 17 | 胡萝卜 | 83 | -1.7 | 3.64 | 1.88 | 276 | | 0/+1 | 80—95 | (2—5) |
| 18 | 芹菜 | 94 | -1.2 | 3.98 | 1.93 | 314 | 9.4 | -0.6/0 | 90—95 | (2—4) |
| 19 | 干酪 | 46—53 | -2.2/-10 | 2.68 | 1.47 | 168 | 5.0 | -1.0/+1.5 | 65—75 | (3—10) |

(续)

| 序号 | 食品名称 | 含水量 (%) | 冰 冻 点 (℃) | 比热容kJ/(kg·℃) | | 潜 热 (kJ/kg) | 贮藏容积 (m ³ /t) | 贮藏温度 (℃) | 贮藏相 对湿度 (%) | 贮藏期天 (月) |
|----|------|------------|--------------|--------------|--------|----------------|-----------------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | | 高于冰冻点时 | 低于冰冻点时 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 20 | 樱桃 | 82 | -4.5 | 3.64 | 1.93 | 276 | 15.6 | +0.5/+1 | 80 | 7-21 |
| 21 | 栗子 | | | | | | 12.5 | +0.5 | 75 | (3) |
| 22 | 巧克力 | 1.6 | | 3.18 | 3.14 | | 5.6 | +4.5 | 75 | (6) |
| 23 | 奶油 | 59 | | 2.85 | | 193 | 7.5 | 0/+2 | 80 | 7 |
| 24 | 黄瓜 | 96.4 | -0.8 | 4.06 | 2.05 | 318 | 7.5 | +2/+7 | 75-85 | 10-14 |
| 25 | 葡萄干 | 85 | -1.1 | 3.22 | 1.88 | 281 | 9.4 | 0 | 75-85 | 14 |
| 26 | 椰子 | 83 | -2.8 | 3.43 | | | 7.5 | -4.5 | 75 | (12) |
| 27 | 鲜蛋 | 70 | -2.2 | 3.18 | 1.68 | 226 | | -1.0/-0.5 | 80-85 | (8) |
| 28 | 淀粉 | 6 | | 1.05 | 0.88 | 21 | 6.9 | +2.0 | 极小 | (6) |
| 29 | 冰蛋 | 73 | -2.2 | | 1.76 | 243 | | -18 | | (12) |
| 30 | 鲜鱼 | 73 | -1/-2 | 3.43 | 1.80 | 243 | 12.5 | -0.5/+4 | 90-95 | 7-14 |
| 31 | 干鱼 | 45 | | 2.35 | 1.42 | 151 | 7.5 | -9/0 | 75-80 | (3) |
| 32 | 冻鱼 | | | | | | 8.1 | -20/-12 | 90-95 | (8-10) |
| 33 | 干果 | 30 | | 1.76 | 1.13 | 101 | | 0/+5 | 70 | (6-18) |
| 34 | 冻水果 | | | | | | | -23/-15 | 80-90 | (6-12) |
| 35 | 干大蒜 | 74 | -4 | 3.31 | 1.76 | 247 | | 0/+1 | 75-80 | (6-8) |

(续)

| 序号 | 食品名称 | 含水量 (%) | 冰 冻 点 (℃) | 比热容kJ/(kg·℃) | | 潜 热 (kJ/kg) | 贮藏容积 (m ³ /t) | 贮藏温度 (℃) | 贮藏相 对湿度 (%) | 贮藏期天 (月) |
|----|------|------------|--------------|--------------|-----------|----------------|-----------------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | | 高于冰冻点时 | 低于冰冻点时 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 36 | 谷类 | | | | | | | -10/-2 | 70 | (3—12) |
| 37 | 葡萄 | 82 | -4 | 3.60 | 1.84 | 272 | 9.4 | -1/+3 | 85—90 | (1—4) |
| 38 | 火腿 | 47—54 | -2.2/-1.7 | 2.43—2.54 | 1.42—1.51 | 167 | | 0/+1 | 85—90 | (7—12) |
| 39 | 冻火腿 | | | | | | | -24/-18 | 90—95 | (6—8) |
| 40 | 冰淇淋 | 67 | | 3.27 | 1.88 | 218 | 18.7 | -30/-20 | 85 | 14—84 |
| 41 | 果酱 | 36 | | 2.01 | | | 8.1 | +1 | 75 | (6) |
| 42 | 人造奶油 | 17—18 | | 3.35 | | 126 | 5.0 | +0.5 | 80 | (6) |
| 43 | 牡蛎 | 80 | -2.2 | 3.52 | 1.84 | 268 | | 0 | 90 | (2) |
| 44 | 猪油 | 46 | | 2.26 | 1.30 | 155 | 5.0 | -18 | 90 | (12) |
| 45 | 韭菜 | 88.2 | -1.4 | 3.77 | 1.93 | 293 | | 0 | 85—90 | (1—3) |
| 46 | 柠檬 | 89 | -2.1 | 3.85 | 1.93 | 297 | 9.4 | +5/+10 | 85—90 | (2) |
| 47 | 莴苣 | 94.3 | -0.3 | 4.02 | 2.01 | 318 | | 0/+1 | 85—90 | (1—2) |
| 48 | 对虾 | 79 | | 3.65 | 1.84 | 265 | | -7 | 80 | (1) |
| 49 | 玉米 | 73.9 | -0.8 | 3.31 | 1.76 | 247 | | -0.5/+1.5 | 80—85 | 7—28 |
| 50 | 柑桔 | 86 | -2.2 | 3.64 | | | | +1/+2 | 75—80 | (1—3) |
| 51 | 甜瓜 | 92.7 | -1.7 | 3.94 | 2.01 | 306 | 9.4 | +2/+7 | 80—90 | 7—56 |

(续)

| 序号 | 食品名称 | 含水量 (%) | 冰冻点 (℃) | 比热容kJ/(kg·℃) | | 潜热 (kJ/kg) | 贮藏容积 (m ³ /t) | 贮藏温度 (℃) | 贮藏相对湿度 (%) | 贮藏期天 (月) |
|----|------|------------|------------|--------------|-----------|---------------|-----------------------------|-------------|---------------|-------------|
| | | | | 高于冰冻点时 | 低于冰冻点时 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 52 | 牛奶 | 87 | -2.8 | 3.77 | 1.93 | 289 | | 0/+2 | 80-95 | 7 |
| 53 | 奶粉 | | | | | | 7.5 | 0/+1.5 | 75-80 | (1-6) |
| 54 | 羊肉 | 60-70 | -1.7 | | | | | 0 | 80 | 10 |
| 55 | 冻羊肉 | | | | | | 6.2 | -12/-18 | 80-85 | (3-8) |
| 56 | 干坚果 | 3-6 | -7 | 0.92-1.05 | 0.88-0.92 | 10.1-18.4 | 12.5 | 0/+2 | 65-75 | (8-12) |
| 57 | 菜油 | 14.4-15.4 | | | | | | +1/+12 | | (6-12) |
| 58 | 洋葱 | 87.5 | -1 | 3.77 | 1.93 | 289 | 9.4 | +1.5 | 80 | (3) |
| 59 | 桔子 | 90 | -2.2 | 3.77 | 1.93 | 289 | 9.4 | 0/+1.2 | 85-90 | 56-70 |
| 60 | 桃子 | 86.9 | -1.5 | 3.77 | 1.93 | 289 | 7.5 | -0.5/+1 | 80-85 | 14-28 |
| 61 | 梨 | 83 | -2 | 3.77 | 2.01 | 281 | 7.5 | +0.5/+1.5 | 85-90 | (1-6) |
| 62 | 梨干 | 10 | | 1.17 | 0.92 | 322 | 7.5 | +0.5 | 75 | (6) |
| 63 | 青豌豆 | 74 | -1.1 | 3.31 | 1.76 | 247 | 8.1 | 0 | 80-90 | 7-21 |
| 64 | 干豌豆 | | | | | | 7.5 | +0.5 | 75 | (6) |
| 65 | 青菠萝 | | -1.5 | | | | 8.1 | +10/+16 | 85-90 | 14-28 |
| 66 | 菠萝 | 85.3 | -1.2 | 3.68 | 1.88 | 285 | 8.1 | +4/+12 | 85-90 | 14-28 |
| 67 | 李子 | 86 | -2.2 | 3.68 | 1.88 | 285 | 8.1 | -4/0 | 80-95 | 21-56 |

(续)

| 序号 | 食品名称 | 含水量 (%) | 冰 冻 点 (℃) | 比热容kJ/(kg·℃) | | 潜 热 (kJ/kg) | 贮藏容积 (m ³ /t) | 贮藏温度 (℃) | 贮藏相 对湿度 (%) | 贮藏期天 (月) |
|----|--------|------------|--------------|--------------|-----------|----------------|-----------------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | | 高于冰冻点时 | 低于冰冻点时 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 68 | 猪肉 | 35—42 | -2.2/-1.7 | 2.01—2.26 | 1.26—1.34 | 126 | | 0/+1.2 | 85—90 | 3—10 |
| 69 | 冻猪肉 | | | | | | | -24/-18 | 85—95 | (2—8) |
| 70 | 土豆 | 77.8 | -1.8 | 3.43 | 1.80 | 260 | 12.5 | +3/+6 | 85—90 | (6) |
| 71 | 鲜家禽 | 74 | -1.7 | 3.35 | 1.80 | 247 | 6.2 | 0 | 80 | 7 |
| 72 | 冻家禽 | 60 | | 2.85 | | | 6.2 | -30/-10 | 80 | (3—12) |
| 73 | 南瓜 | 90.5 | -1 | 3.85 | 1.97 | 302 | | 0/+3 | 80—85 | (2—3) |
| 74 | 兔肉 | 60 | -1.7 | 3.35 | | | | 0/+1 | 80—90 | 5—10 |
| 75 | 冻兔肉 | 60 | | 2.85 | | | 6.9 | -24/-12 | 80—90 | (6) |
| 76 | 萝卜 | 93.6 | -2.2 | 3.98 | 2.01 | 310 | 8.1 | 0/+1 | 85—95 | 14 |
| 77 | 米 | 10 | -1.7 | 1.09 | | | 7.5 | +1.5 | 65 | (6) |
| 78 | 腊肠 | | | | | | | -4/+5 | 85—90 | 7—21 |
| 79 | 菠菜 | 92.7 | -0.9 | 3.94 | 2.01 | 306 | | 0/+1 | 90 | 10—14 |
| 80 | 杨梅 | 90 | -1.3 | 3.85 | 1.97 | 302 | | -0.5/+1.5 | 75—85 | 7—10 |
| 81 | 糖 | 0.5 | | 0.84 | 0.84 | 167 | | +7/+10 | 低于60 | (12—36) |
| 82 | (罐装)糖汁 | 36 | -2.2 | 2.68 | | | 6.2 | +1 | 80 | 42 |
| 83 | 生西红柿 | 94 | -0.9 | 3.98 | 2.01 | 310 | | +10/+20 | 85—90 | 21—28 |

(续)

| 序号 | 食品名称 | 含水量 (%) | 冰 冻 点 (℃) | 比热容kJ/(kg·℃) | | 潜 热 (kJ/kg) | 贮藏容积 (m ³ /t) | 贮藏温度 (℃) | 贮藏相 对湿度 (%) | 贮藏期天 (月) |
|----|-------|------------|--------------|--------------|--------|----------------|-----------------------------|-------------|-------------------|-------------|
| | | | | 高于冰冻点时 | 低于冰冻点时 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 84 | 西红柿 | 94 | -0.9 | 3.98 | 2.01 | 310 | | +1/+5 | 80—90 | 7—21 |
| 85 | 大头菜 | 90.9 | -0.9 | 3.89 | 1.97 | 302 | 8.1 | 0/+1 | 90 | (1—4) |
| 86 | 西瓜 | 92.1 | -1.6 | 4.06 | 2.01 | 302 | | +2/+4 | 75—85 | 14—21 |
| 87 | 葡萄酒 | | | | | | 7.5 | +10 | 85 | (6) |
| 88 | 蛋黄粉 | | | | 1.05 | 20.9 | | +1.5 | 极小 | (6) |
| 89 | 牛肉 | 63 | -1.7/-2.2 | 2.97 | 1.63 | 209 | 7.2 | 0/1 | 90 | 5—10 |
| 90 | 鲜野味 | 74 | -1.7 | 3.27 | 1.72 | 247 | | 0.5 | 70 | 14 |
| 91 | 冻野味 | | | | | | 8.7 | -12 | 80 | (3) |
| 92 | 猪肝 | 65 | | 3.06 | | 218 | | -18/-24 | 90—95 | (3—4) |
| 93 | 熏制鱼 | | | 3.18 | | | | 4/10 | 50—60 | (6—8) |
| 94 | 枣 | 83 | -2.8 | 3.43 | | | 7.5 | -4.5 | 75 | (12) |
| 95 | 李子、梅子 | 86 | -2.2 | 3.63 | 1.88 | 285 | 8.1 | 0/-4 | 75—80 | 21—56 |
| 96 | 李子、梅干 | | | | | | | 4.5 | 75 | (6) |
| 97 | 冻水果 | | | | | | | -15/-23 | 80—90 | (6—12) |
| 98 | 芦笋 | 94 | -2.0 | 3.89 | 1.93 | 314 | 7.5 | 2/0 | 85—90 | 21—28 |
| 99 | 干蚕豆 | 13 | -1.7 | 1.26 | 1.01 | 42 | 7.5 | 0.7 | 70 | (6) |

(续)

| 序号 | 食品名称 | 含水量 (%) | 冰冻点 (°C) | 比热容 kJ/(kg·°C) | | 潜热 (kJ/kg) | 贮藏容积 (m³/t) | 贮藏温度 (°C) | 贮藏相对湿度 (%) | 贮藏期天 (月) |
|-----|-------|---------|----------|----------------|--------|------------|-------------|-----------|------------|----------|
| | | | | 高于冰冻点时 | 低于冰冻点时 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 100 | 蘑菇 | 91.1 | -1.0 | 3.89 | 1.97 | 302 | | 2/0 | 80—85 | 7—14 |
| 101 | 包装冻蔬菜 | | | | | | | -18/-24 | | (6—12) |
| 102 | 冰块 | | | 4.19 | 2.09 | 335 | 6.2 | -4 | 80 | |
| 103 | 蜂蜜 | 18 | | 1.47 | 1.09 | 61 | 8.1 | 1 | 75 | (6) |
| 104 | 麦片 | 10 | -1.7 | 1.09 | | | 9.4 | 2/1 | 65 | (6) |
| 105 | 果汁 | 36 | | 2.68 | | | | -15/-23 | 80—90 | (2—8) |
| 106 | 听装果汁 | 36 | -2.2 | 2.68 | | | 6.2 | 1 | 80 | (1—4) |
| 107 | 血浆 | | | | | | 5.6 | 3.3 | 75 | (2) |
| 108 | 包装烟叶 | | | | | | | 1 | 75 | (6) |
| 109 | 花 | | | 1.76 | 1.13 | | | 1.1 | 85 | 14 |
| 110 | 皮毛 | | | | | | | 1 | 60 | (6) |

注：本资料摘自《Automatic Refrigeration》Denmak. S. A. Andersen编。

$$C_1 = 4.1868W + C' (1 - W)$$

(3—13)

式中： C_1 ——食品温度高于其汁液冻结点的比热

容kJ/(kg·°C)。

W ——食品中的含水量(kg/kg)。

C' ——干燥食品的比热容一般取1.34—

$$1.47\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})。$$

食品温度在其汁液冻结点以下时（即已冻结的食品）的比热容，

$$C_2 = 2.0934W\omega + C'(1 - W)$$

$$+ C''W(1 - \omega) \quad (3-14)$$

式中： C_2 ——已冻结食品的比热容(kJ/kg·°C)。

ω ——已冻结食品中的冻结水量。它与食品冻结结束时的温度有关(kg/kg)。

食品冻结结束时温度(°C)

-5

-10

-15

-20

经冻结的食品的冻结水量(%)

70-75

75-80

80-85

85-90

详细数值可查表 3—39。

食品在不同温度下的水分冻结量(%, 按重量计)

表 3—39

| 食品名称 | 食 品 温 度(°C) | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-----------|---------|-----------|---------|---------|-------|
| | -1 | -2 | -3 | -4 | -5 | -6 | -7 | -8 | -9 | -10 | -12.5 | -15 | -18 |
| 肉类、家禽 | 0-25 | 52-60 | 67-73 | 72-77 | 75-80 | 77-82 | 79-84 | 80.5-85.5 | 81-86.5 | 82.5-87.5 | 85-89 | 87.5-90 | 89-91 |
| 鱼类 | 0-45 | 0-68 | 32-77 | 45-82 | 53-84 | 58-85.5 | 62-87 | 65-88.5 | 68-89.5 | 70.5-90.5 | 72.5-92 | 74-93.5 | 76-95 |
| 蛋类、菜类 | 60 | 78 | 84.5 | 87 | 89 | 90.5 | 91.5 | 92 | 92.5 | 93 | 94 | 94.5 | 95 |
| 乳类 | 45 | 68 | 77 | 82 | 84 | 85.5 | 87 | 88.5 | 89.5 | 90.5 | 92 | 93.5 | 95 |
| 西红柿 | 30 | 60 | 70 | 76 | 80 | 32 | 84 | 85.5 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 |
| 葱、豌豆 | 10 | 50 | 60 | 71 | 75 | 77 | 79 | 80.5 | 82 | 83.5 | 86 | 87.5 | 89 |
| 蚕豆、萝卜 | 0 | 28 | 50 | 58 | 64.5 | 68 | 71 | 73 | 75 | 77 | 80.5 | 83 | 84 |
| 苹果、梨、土豆 | 0 | 0 | 32 | 45 | 53 | 58 | 62 | 65 | 68 | 70 | 74 | 78 | 80 |
| 橙子、柠檬、葡萄 | 0 | 0 | 20 | 32 | 41 | 48 | 54 | 58.5 | 62.5 | 65.5 | 69 | 72 | 75 |
| 櫻桃 | 0 | 0 | 0 | 20 | 32 | 40 | 47 | 52 | 55.5 | 58 | 63 | 67 | 71 |

C'' ——食品中未经冻结汁液的比热容。一般为 $3.77-3.85\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。

W ——食品中的含水量(kg/kg)。

食品的热导率以1米厚的食品块体,在其二侧温差 1°C 时经过1小时内垂直通过该块体 1m^2 表面的热量。在其他条件相同情况,其热导率数值越大,则该食品冷却、冻结加工的时间可越短。

经冷却后食品的热导率(与含水量有关)

$$\lambda = 0.605W + 0.256(1 - W) \quad (W/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}) \quad (3-15)$$

式中: W ——食品中的含水量, (kg/kg)。

0.605——水的热导率($\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$)。

0.256——干燥食品的热导率($\text{W}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$)。

经冻结后食品的热导率一般系水和冰热导率之和的平均值。与冻结结束时的温度有关。大约在 $0.605-2.326\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 为 $1.4\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 。

| | | | | |
|----------------------------------|------|------|------|------|
| 冻结食品结束时的温度($^{\circ}\text{C}$) | -1 | -5 | -10 | -20 |
| 经冻结的的食品的热导率 λ | 0.70 | 1.16 | 1.40 | 1.63 |

(二) 食品的干耗(即水分蒸发)

食品在冷却、冻结及冷藏过程中,由于与空气介质进行热交换,必然会发生脱水干缩的现象;造成干耗损失。这除食品的重量有损失外,对质量也是不利的。其水分蒸发的干耗(或干缩损耗),可参见表3-41、表3-42、表3-43、表3-44、表3-45。一般运算公式如下:

食品在冷却或冻结时的干耗(即水分蒸发)

$$\Delta G = \frac{A\alpha}{r} \left[\frac{h' - h}{0.24} - (t' - t) \right] T$$

(3-16)

食品在冷藏过程的干耗（即水分蒸发）

$$\Delta G = \frac{Aa}{r}(t' - t)T \quad (3-17)$$

式中： ΔG ——食品在冷却、冻结或冷藏过程的干耗（kg）。

A ——食品外表面面积（ m^2 ）。

h' ——食品表面的空气含热量（ kJ/kg ）。

h ——冷却（冻结或冷藏）空气的含热量

（ kJ/kg ）。

t' ——食品的表面温度（ $^{\circ}C$ ）。

t ——冷却（冻结或冷藏）空气温度（ $^{\circ}C$ ）。

r ——食品在冷却（冻结或冷藏）时水的蒸发热。冷却时为 $2500kJ/kg$ 冻结时为 $2835kJ/kg$ （ $=2500+335$ ）。

T ——食品冷却或冻结时间（ h ）。

a ——由食品表面至空气的放热系数见表 3—40 $W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$ 。

表 3—40

| 冷冻加工及冷藏情况 | $\alpha[W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)]$ | 冷冻加工及冷藏情况 | $\alpha[W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)]$ |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 空气对流时——自然循环 | 5.8—11.6 | 盐水冷冻，以搅拌器循环时 | 233—291 |
| 空气循环速度 $< 1m/s$ 时 | 17.5—23.3 | 金属板式冷冻，板内部以制冷剂蒸发或以 | |
| 空气循环速度 $> 1m/s$ 时 | 29.1—34.9 | 盐水循环时 | 291—349 |

一般冷库其冷间温度 $-10^{\circ}C$ 者，每 $1kJ$ 侵入冷间的热量所引起食品的干耗量为 $0.072g$ 当冷间在

$-18^{\circ}C$ 时，则为 $0.036g$ 。

肉类的干耗(一)

由+36℃冷却至+3℃(按重量计)

表3-41

| 名称 | 干耗量(%) | 名称 | 干耗量(%) | 名称 | 干耗量(%) |
|--------|--------|--------|--------|-----|--------|
| 肥猪肉 | 1.1 | 肥牛肉 | 1.1 | 肥羊肉 | 1.4 |
| 中等肥度猪肉 | 1.3 | 中等肥度牛肉 | 1.3 | 瘦羊肉 | 1.5 |
| 无肥膘猪肉 | 1.5 | 瘦牛肉 | 1.4 | | |

肉类的干耗(二)

(低温冻结加工中)

表3-42

| 名称 | 下列库温下的干耗(%) | | | 名称 | 下列库温下的干耗(%) | | |
|-------------|-------------|------|------|-------------|-------------|------|------|
| | -12°--14℃ | -18℃ | -23℃ | | -12°--14℃ | -18℃ | -23℃ |
| 胴体肥猪 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 中等肥度牛肉 | 1.0 | 0.9 | 0.8 |
| 胴体中等肥度肥猪 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 瘦牛肉 | 1.2 | 1.0 | 0.9 |
| 半月猪 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 肥羊肉和中等肥度羊肉 | 1.0 | 0.9 | 0.8 |
| 非标准膘肥的半月猪胴体 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 瘦羊肉和中下等肥度羊肉 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 肥牛肉 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | | | | |

肉类的干耗(三)

(低温冷藏期中)

表 3-43

| 冷库冷间温度 (℃) | 冷藏期中的干耗(%) | | | |
|---------------|------------|-------|-------|-------|
| | 冷藏1个月 | 冷藏2个月 | 冷藏3个月 | 冷藏4个月 |
| -8 | 0.73 | 1.24 | 1.71 | 2.47 |
| -12 | 0.45 | 0.70 | 0.90 | 1.22 |
| -18 | 0.34 | 0.62 | 0.86 | 1.00 |

片状胴体与方块冻肉干耗比较

表 3-44

| 冻肉种类等级 | 冻结中干耗(%) | | 在-8℃—-15℃温度 下冷藏1个月的干耗% | 冻肉种类等级 | 冻结中干耗(%) | | 在-8℃—-15℃温度 下冷藏1个月的干耗% |
|----------|----------|------|---------------------------|----------|----------|------|---------------------------|
| | -18℃ | -23℃ | | | -18℃ | -23℃ | |
| 片状胴体肥猪肉 | 0.69 | 0.59 | } 0.18—0.22 平均为0.20 | 片状胴体一等羊肉 | 1.04 | 0.94 | } 0.22—0.31 平均为0.26 |
| 片状胴体瘦猪肉 | 1.00 | 0.90 | | 片状胴体二等羊肉 | 1.10 | 1.00 | |
| 片状胴体一等牛肉 | 0.88 | 0.78 | } 0.18—0.28 平均为0.23 | 带骨方块肉 | 0.40 | 0.30 | } 0.11 |
| 片状胴体二等牛肉 | 1.00 | 0.90 | | 剔骨方块肉 | 0.45 | 0.35 | |

鲜蛋冷藏期干耗(按重量计)

表3-45

| 冷库冷间温度(℃) | 冷库冷间湿度(%) | 冷藏期干耗(%) | |
|-----------|-----------|-----------|---------------|
| | | 贮存的前三个月 | 贮存期自三个月后至第七个月 |
| ±0 | 75—85 | 0.5—1.8 | 2—4.5 |
| +1—2 | 80—85 | 0.7—1.2 | 1.8—2.9 |
| -2—-2.5 | 80—85 | 0.55—0.95 | 1.4—2.3 |

注：本表以重41g—63g的鲜蛋作测定试验所得的数据。

(三) 食品冻结时间

食品冻结加工的时间与食品的焓值、密度、热导率、冰点温度、厚度、表面放热系数及冻结加工时介质温度等有关系。其计算公式是：

$$T = \frac{(h_2 - h_1) \rho}{3.6(t_b - t)} \left(\frac{P\delta}{\alpha} + \frac{R\delta^2}{\lambda} \right) \quad (3-18)$$

式中： T ——食品冻结加工时间 (h)。

h_1, h_2 ——食品初温和终温时的焓值 (kJ/kg)。

ρ ——食品密度 (kg/m^3)。

t_b ——食品的冰点温度 (℃)。

t ——冻结加工时介质的温度 (℃)。

δ ——食品的厚度，圆柱或球状表示直径 (m)。

α ——食品表面的放热系数 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{℃})$]。

λ ——冻结食品的热导率 $[W/(m \cdot ^\circ C)]$ 。

P 、 R ——和食品形状有关的系数。

3.6——1 W 换算成 kJ/h 的数值。

P 和 R 系数是随被冻结物的几何形状变化的系数

板状食品 $P = \frac{1}{2}$ $R = \frac{1}{8}$

圆柱状食品 $P = \frac{1}{4}$ $R = \frac{1}{16}$

球状食品 $P = \frac{1}{6}$ $R = \frac{1}{24}$

对于方块状或长方块状食品，用图 3—4 所示的曲线查出 P 和 R 的值。图上 $\beta_1 = \frac{b}{\delta}$ ， $\beta_2 = \frac{l}{\delta}$ ， δ 是块状食品的厚度， l 是长度， b 是宽度由 β_1 与 β_2 的相交点可查得 P 和 R 的值。 P 和 R 的值亦可由表 3—46。查得：

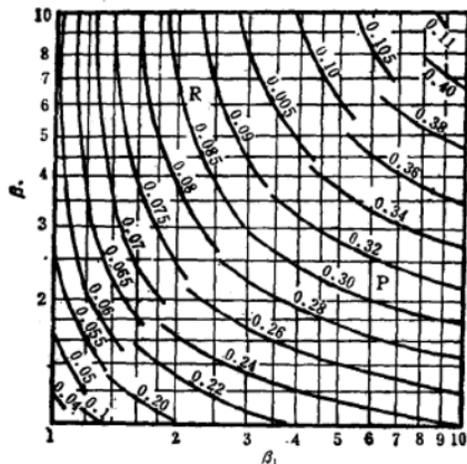


图 3—4 块状食品的 P 和 R 值

P, R值 (Plank)

表 3-46

| 比 例 | | 外形尺寸(mm) | | | 系 数 值 | |
|-----|------|----------|-----|--------|--------|--------|
| l/δ | b/δ | l | b | δ | P | R |
| 1.0 | 1.0 | — | — | — | 0.1677 | 0.0417 |
| 1.5 | 1.0 | 25 | 50 | 50 | 0.1875 | 0.0491 |
| | 1.5 | — | — | — | 0.2143 | 0.0604 |
| 2.0 | 1.0 | — | — | — | 0.2000 | 0.0525 |
| | 1.5 | 100 | 75 | 50 | — | — |
| | | 200 | 150 | 100 | 0.2308 | 0.0656 |
| | | 400 | 300 | 200 | — | — |
| 2.0 | — | — | — | 0.2500 | 0.0719 | |
| 2.5 | 1.0 | — | — | — | 0.2083 | 0.0545 |
| | 2.0 | 100 | 80 | 40 | 0.2632 | 0.0751 |
| | 2.5 | — | — | — | 0.2778 | 0.0792 |
| 3.0 | 1.0 | — | — | — | 0.2142 | 0.0558 |
| | 2.0 | 150 | 100 | 50 | 0.2727 | 0.0776 |
| | | 300 | 200 | 100 | — | — |
| | 2.25 | 100 | 75 | 33 | 0.2812 | 0.0799 |
| | | 200 | 150 | 66 | — | — |
| | 3.0 | — | — | — | 0.3000 | 0.0849 |

(续)

| 比 列 | | 外形尺寸(mm) | | | 系 数 值 | |
|-----|-----|----------|-----|----|--------|--------|
| l/δ | b/δ | l | b | δ | P | R |
| 3.5 | 1.0 | — | — | — | 0.2186 | 0.0567 |
| | 3.5 | — | — | — | 0.3181 | 0.0893 |
| 4.0 | 1.0 | — | — | — | 0.2222 | 0.0574 |
| | 3.0 | 200 | 150 | 50 | 0.3156 | 0.0887 |
| | 4.0 | — | — | — | 0.3333 | 0.0929 |
| 4.5 | 1.0 | — | — | — | 0.2250 | 0.0580 |
| | 3.0 | 150 | 100 | 33 | — | — |
| | | 300 | 200 | 66 | 0.3215 | 0.0902 |
| | 4.5 | — | — | — | 0.3460 | 0.0959 |
| 6.0 | 1.0 | 200 | 150 | 33 | 0.2308 | 0.0592 |
| | 4.5 | 400 | 300 | 66 | 0.3602 | 0.0990 |
| | 6.0 | — | — | — | 0.3750 | 0.1020 |

〔例〕已知在 -30°C 的送风冻结器内, 冻结外形为 $0.4 \times 0.3 \times 0.15\text{m}$ 的猪肉块, 求该肉块初温 $+35^{\circ}\text{C}$ 冻至终温 -15°C 时所需的时间?

解：先确定猪肉的有关数值。

$$h_1 = 318 \text{ (kJ/kg)}$$

$$h_2 = 12.2 \text{ (kJ/kg)}$$

$$\rho = 1050 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$t_b = -2.2 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$t = -30 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\lambda = 1.4 \text{ W/(m}\cdot^\circ\text{C)}$$

$$\alpha = 29.1 \text{ W/(m}^2\cdot^\circ\text{C)}$$

根据肉块外形求出 β_1 及 β_2 ，再利用图3-4找出P和R值。

$$\beta_1 = \frac{b}{\delta} = \frac{0.3}{0.15} = 2 \quad \beta_2 = \frac{0.4}{0.15} = 2.67$$

$$P = 0.27 \quad R = 0.076$$

将上述各值代入公式：

$$T = \frac{(318 - 12.2) 1050}{3.6[-2.2 - (-30)]} \left[\frac{0.27 \times 0.15}{29.1} + \frac{0.076 \times (0.15)^2}{1.4} \right] = 8.4 \text{ [h]}$$

主要食品热导率

表3-47

| 名 称 | 密 度 ρ (kg/m ³) | 热导率 λ W/(m·°C) | | |
|------------|------------------------------------|------------------------|-------|------|
| | | 冰冻点以上 | 冰冻点以下 | |
| 牛肉 (羊肉) | 肥 的 | 970 | 0.44 | — |
| | 肥度中等 | 980 | 0.48 | — |
| | 瘦 的 | 1070 | 0.56 | — |
| | 平 均 | 1000 | 0.47 | 1.45 |
| 猪 肉 | 肥 的 | 950 | — | — |
| | 肥度中等 | 1000 | 0.48 | — |
| | 瘦 的 | 1050 | 0.50 | — |
| | 平 均 | 1000 | 0.48 | 1.40 |
| 鱼 类 | 肥 的 | 980 | — | — |
| | 肥度中等 | 1000 | — | — |
| | 少脂鱼 | 1015 | 0.45 | — |
| | 平 均 | 1000 | — | 1.40 |

(续)

| 名称 | | 密度 ρ (kg/m^3) | 热导率 $\lambda W/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ | |
|--------|-----------|---|---|-------|
| | | | 冰冻点以上 | 冰冻点以下 |
| 骨 髓 | 硬骨 | 1300 | — | — |
| | 多孔骨 | 1130 | — | — |
| | 平均 | 1220 | — | — |
| 鸡 | — | — | 0.41 | — |
| 脂肪(油) | 950—970 | — | 0.175(牛) 0.18(猪) | — |
| 无水肌肉 | — | — | 0.26 | — |
| 蛋类 | 1000—1090 | — | 0.29 | — |
| 牛乳 | 1030—1080 | — | 0.64 | — |
| 水果 | 1060—1100 | — | — | — |
| 蔬菜 | 1060—1100 | — | — | — |

(四) 食品在冷库内的贮藏期

冻结食品实际贮藏期

表 3—48

| 序号 | 冻产品名称 | 贮藏期(月) | | |
|----|------------|--------|------|------|
| | | -18℃ | -25℃ | -30℃ |
| 1 | 加糖的桃、杏或樱桃 | 12 | 18 | 24 |
| 2 | 不加糖的草莓 | 12 | 18 | 24 |
| 3 | 加糖的草莓 | 18 | >24 | >24 |
| 4 | 柑桔类或其他水果果汁 | 24 | >24 | >24 |
| 5 | 扁豆 | 18 | >24 | >24 |
| 6 | 胡萝卜 | 18 | >24 | >24 |
| 7 | 菜花 | 15 | 24 | >24 |
| 8 | 甘蓝 | 15 | 24 | >24 |
| 9 | 带穗茎的玉米 | 12 | 18 | 24 |
| 10 | 豌豆 | 18 | >24 | >24 |
| 11 | 菠菜 | 18 | >24 | >24 |

(续)

| 序号 | 冻产品名称 | 贮藏期(月) | | |
|----|----------------------|--------|-------|------|
| | | -18℃ | -25℃ | -30℃ |
| 12 | 牛白条肉 | 12 | 18 | 24 |
| 13 | 包装好的烤牛肉和牛排 | 12 | 18 | 24 |
| 14 | 包装好的剁碎肉(未加盐的) | 10 | >12 | >12 |
| 15 | 小牛白条肉 | 9 | 12 | 24 |
| 16 | 小牛烤肉和排骨 | 10 | 10—12 | 12 |
| 17 | 羊白条肉 | 9 | 12 | 24 |
| 18 | 烤羊肉和排骨 | 10 | 12 | 24 |
| 19 | 猪白条肉 | 6 | 12 | 15 |
| 20 | 烤猪肉和排骨 | 6 | 12 | 15 |
| 21 | 小脂肪 | 6 | 10 | |
| 22 | 腌肉(新鲜而未经熏制的) | 2—4 | 6 | 12 |
| 23 | 猪油 | 9 | 12 | 12 |
| 24 | 包装得很好的家禽——小鸡和火鸡(去内脏) | 12 | 24 | 24 |
| 25 | 油炸小鸡 | 6 | 9 | 12 |
| 26 | 可食用的内脏 | 4 | | |
| 27 | 液态全蛋 | 12 | 24 | 24 |

(续)

| 序号 | 冻产品名称 | 贮藏期(月) | | |
|----|------------------------|--------|------|------|
| | | -18℃ | -25℃ | -30℃ |
| 28 | 肥鱼(多脂肪) | 4 | 8 | 12 |
| 29 | 瘦鱼 | 8 | 18 | 24 |
| 30 | 比目鱼 | 10 | 24 | >24 |
| 31 | 龙虾和蟹 | 6 | 12 | 15 |
| 32 | 虾 | 6 | 12 | 12 |
| 33 | 真空包装的虾 | 12 | 15 | 18 |
| 34 | 蛤和藤 | 4 | 10 | 12 |
| 35 | 黄油 | 8 | 12 | 15 |
| 36 | 奶油 | 6 | 12 | 18 |
| 37 | 冰淇淋 | 6 | 12 | 18 |
| 38 | 蛋糕:包括干酪蛋糕、巧克力蛋糕、水果蛋糕等等 | 12 | 24 | >24 |

注:本资料摘自《Recommendations for the processing and handling of frozen foods》INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION编,1972年。

(五) 冻结肉类、禽类的融化程度

冻结加工后的肉类、禽类，应贮放在低温的冷间中，至少肉体温度必须保证在 -8°C 的条件下。否则就会产生软化现象（即融化现象）。一般肉体的融化与其体温的关系是：

| | | | | | |
|-------------------------------|---------|----|----|----|----|
| 肉体融化程度（%） | 100 | 58 | 29 | 17 | 9 |
| 融化时肉体温度（ $^{\circ}\text{C}$ ） | ± 0 | -2 | -4 | -6 | -8 |

(六) 冷间的消毒、灭鼠与除异味

1. 冷间消毒 是要使冷间内构筑物表面（指土建的墙柱、地板、天顶以及冷间各冷分配设备等表面）每 1cm^2 面积内存留的微生物孢子数不超过100

个。一般消毒工作均在冷间食品全部出清后进行。往往与冷间内粉刷工作连续进行。为此冷间以升至 $+5^{\circ}\text{C}$ 以上为宜。

紫外线消毒：即用紫外线进行辐射杀菌消毒。每 m^3 冷间的空间需用1w紫外线光灯，每昼夜平均照射3小时。此法操作简单，费用较小而效果良好。但对表面粗糙的物体灭菌较慢，对干燥的霉菌孢子作用较小。

抗霉剂消毒：用白陶土（含钙盐量 $>0.7\%$ 或不含钙盐的白陶土）加入1.5%的氟化钠或氟化铁或2.5%的氟化铵做成，加以刷涂。杀菌力强。或用含有2%过氧酚钠盐水的粉刷混合液涂刷。

消毒剂消毒：用2—4%的次氯酸钠溶液加入2%的碳酸钠混合液洒在冷间内，并闭门。也可用2%的二苯酚醚钠水溶液洗刷墙、柱、地板和天顶等消毒。前法适宜于冷间 -4°C 以下者，后者宜在 -4°C 以上的冷间。两法进行后均得通风换气。如冷间能

升至 + 5 ℃,也可用含氯25%的漂白粉2.5份,碳酸钠3.5份溶于100份水中,制成漂白粉混合液涂刷。

对于冷间内使用的工具、设备以及操作人员穿戴的衣着等可用紫外线辐射杀菌消毒,也可用10—20%的漂白粉溶液或2%的热碱水或双氧水(H_2O_2)等消毒。

对冷间的木门等木质部分,可先用刀刮再以热肥皂水洗净。冷间内金属表面和水泥表面,用2%的碱水洗净。如进行粉刷,应先以5%的铁矾或硫酸铁溶液洗涤,再用熟石灰乳涂刷。

2.灭鼠 除用机械捕鼠外,可用二氧化碳气体灭鼠,每立方米冷间空间用25%浓度的二氧化碳0.7 kg或35%浓度的0.5 kg即可;需紧闭冷间门一昼夜。此法效果好,简便,同时又对食品无害,故不需出清冷间后进行;且适宜在任何冷间温度的状况下进行。如用二氧化硫气体灭鼠,费用上虽较经济;但需出清冷间后进行,且事后还需进行冷间换气通风、消除异味等工作。操作麻烦。冷间内不宜

采用毒性饵料法捕鼠灭鼠。

3.除异味 冷间除异味,对空的冷间可用2%的甲醛水溶液或5—10%的醋酸与5—20%的漂白水溶液喷洒冷间内。此法操作简便唯需出清冷间。另外一种方法系用臭氧除味。空的冷间时臭氧浓度以 $40\text{mg}/\text{m}^3$ 为宜;存食品的冷间,臭氧浓度以食品品种分:鱼类或干酪,1— $2\text{mg}/\text{m}^3$;蛋品, $3\text{mg}/\text{m}^3$;果蔬, $6\text{mg}/\text{m}^3$;肉类, $2\text{mg}/\text{m}^3$ 。贮存含脂肪较多的食品的冷间中,不准使用臭氧,以免油脂受氧化而变质。臭氧浓度过高时,能引起火灾的危险,应特别注意。当浓度大于 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 时,对人体有害,为此处理时操作人员应离开冷间,否则需戴防毒面具。且处理完毕后,需经2 h后才能进入该冷间。

第四章 氨系统机器设备的选择计算

一、氨压缩机的计算

(一) 一般原则

1. 氨压缩机应根据各蒸发温度机械负荷的计算分别选定，一般不设备用机。

2. 选用活塞式氨压缩机时，当冷凝压力与蒸发压力之比大于 8 时，应采用双级压缩；当冷凝压力与蒸发压力之比小于或等于 8 时，应采用单级压缩。

3. 选用氨压缩机的工作条件不得超过制造厂规

定的允许条件。

(1) 单级氨活塞式压缩机的极限工作条件如下：

| | |
|---------|--------------------------|
| 活塞最大压力差 | $p_1 - p_2$ 不大于 1373 kPa |
| 最大压力比 | p_1 / p_2 不大于 8 |
| 冷凝温度 | 不高于 40℃ |
| 蒸发温度 | 5—30℃ |
| 排气温度 | 不高于 150℃ |
| 油温 | 不高于 70℃ |

(2) 单机双级氨活塞式压缩机的极限工作条件如下：

| | |
|---------|--------------------------|
| 活塞最大压力差 | $p_1 - p_2$ 不大于 1514 kPa |
|---------|--------------------------|

| | |
|----------|-------------------------|
| 低压级活塞压力差 | $p_{zj}-p_z$ 不大于785kPa |
| 高压级活塞压力差 | p_1-p_{zj} 不大于1373kPa |
| 冷凝温度 | 不高于40℃ |
| 蒸发温度 | 不低于-50℃ |
| 低压级排气温度 | 不高于120℃ |
| 高压级排气温度 | 不高于150℃ |

(3) 单级氨螺杆式压缩机的极限工作条件如下(内容积比3.6时):

| | |
|------|---------|
| 冷凝温度 | 不高于45℃ |
| 蒸发温度 | 5--40℃ |
| 排气温度 | 不高于105℃ |
| 油温 | 不高于65℃ |

4. 选配氨压缩机时, 其制冷量宜大小搭配。

5. 氨压缩机房内压缩机的系列不宜超过两种。

如仅有两台机器时, 应选用同一系列。

6. 制冷装置中的中间冷却器、油分离器、冷凝器、贮氨器等辅助设备的选择, 均应与设置的氨压

缩机制冷量相适应。

7. 氨压缩机标准工况和空调工况的规定见表4-1。

氨压缩机标准工况和空调工况 表4-1

| 温度 工况 | 蒸发温度 (℃) | 吸气温度 (℃) | 冷凝温度 (℃) | 过冷温度 (℃) |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 标准工况 | -15 | -10 | 30 | 25 |
| 空调工况 | 5 | 10 | 40 | 35 |

(二) 几个参数的确定

1. 蒸发温度

一般采用比载冷剂温度低5℃, 比冷藏间温度低10℃。当一些冷却物冷藏间对相对湿度要求较严时, 蒸发温度可按下列温差选用:

相对湿度要求在90%左右时,温差可在5—6℃范围内选用;

相对湿度要求在80%左右时,温差采用6—7℃;

相对湿度要求在75%左右时,温差采用7—9℃。

2. 冷凝温度

立式、卧式、淋激式和组合式冷凝器的冷凝温度较冷却水出水温度高4—6℃。蒸发式冷凝器的冷凝温度较夏季室外平均每年不保证50h的湿球温度高5—10℃。

3. 过冷温度

一般比过冷器进水温度高3℃。

4. 中间冷却温度

它与蒸发温度、冷凝温度以及双级压缩机低压级汽缸容积和高压级汽缸容积之比有关,按公式进行计算或查图4—5。中间冷却器蛇形管出液温度比中间冷却温度高5—7℃。

5. 吸气温度

氨压缩机允许吸气温度见表4—2。

氨压缩机允许吸气温度 表4—2

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 蒸发温度(℃) | 5 | ±0 | -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -28 | -30 | -33 | -35 | -40 | -45 |
| 吸气温度(℃) | 10 | 1 | -4 | -7 | -10 | -13 | -16 | -18 | -19 | -21 | -22 | -25 | -28 |

6. 排气温度

氨压缩机排气温度见表4—3。

氨压缩机排气温度* 表4—3

| 蒸发温度 (℃) | 冷 凝 温 度 (℃) | | | | | | |
|-------------|-------------|------|-----|------|-----|------|-----|
| | 20 | 22.5 | 25 | 27.5 | 30 | 32.5 | 35 |
| 0 | 45 | 53 | 60 | 65 | 70 | 73 | 80 |
| -2 | 50 | 58 | 64 | 69 | 74 | 77 | 85 |
| -4 | 55 | 63 | 68 | 73 | 78 | 81 | 90 |
| -6 | 62 | 69 | 79 | 82 | 89 | 92 | 95 |
| -8 | 66 | 74 | 80 | 87 | 93 | 96 | 100 |
| -10 | 71 | 79 | 85 | 92 | 98 | 101 | 105 |
| -12 | 75 | 83 | 89 | 96 | 103 | 106 | 110 |
| -14 | 80 | 87 | 93 | 101 | 108 | 111 | 115 |
| -16 | 84 | 92 | 99 | 106 | 113 | 116 | 120 |
| -18 | 89 | 99 | 101 | 111 | 119 | 121 | 125 |
| -20 | 93 | 102 | 109 | 116 | 123 | 126 | 130 |
| -22 | 98 | 107 | 114 | 121 | 128 | 131 | 136 |

(续)

| 蒸发温度 (℃) | 冷 凝 温 度 (℃) | | | | | | |
|-------------|-------------|------|-----|------|-----|------|-----|
| | 20 | 22.5 | 25 | 27.5 | 30 | 32.5 | 35 |
| -24 | 103 | 113 | 120 | 126 | 133 | 136 | 140 |
| -26 | 109 | 118 | 125 | 130 | 137 | 140 | 143 |
| -28 | 114 | 123 | 130 | 134 | 140 | 143 | 146 |
| -30 | 120 | 128 | 133 | 138 | 143 | 146 | 150 |

*本表适用于单级压缩机和双级压缩机高压级排气温度。双级压缩机时用中间冷却温度。

7. 氨热力性质和压焓图

氨热力性质和压焓图分别见表4—4和图4—1(见书后)。

8. 国产氨制冷压缩机基本参数

国产氨制冷压缩机基本参数见表4—5和表4—6。

氮 热 力 性 质 表

表 4-4

| 温度 t (℃) | 压力 p (MPa) | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 焓 | | 烟 | |
|----------------|------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-----------|------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 |
| | | V' (L/kg) | V'' (m ³ /kg) | ρ' (kg/L) | ρ''(kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | | s' (kJ/(kg·K)) | s'' (kJ/(kg·K)) | e' (kJ/kg) | e'' (kJ/kg) |
| -77 | 0.00641 | 1.3633 | 14.88457 | 0.7335 | 0.0672 | 157.03 | 1643.84 | 1486.81 | 0.5284 | 8.1083 | 85.57 | -625.81 |
| -76 | 0.00694 | 1.3654 | 13.78164 | 0.7335 | 0.0726 | 165.33 | 1645.40 | 1480.08 | 0.5705 | 8.0779 | 81.63 | -615.43 |
| -75 | 0.00750 | 1.3675 | 12.81183 | 0.7312 | 0.0781 | 169.26 | 1647.27 | 1478.01 | 0.5994 | 8.0495 | 79.81 | -605.31 |
| -74 | 0.00810 | 1.3697 | 11.92057 | 0.7301 | 0.0839 | 173.19 | 1649.14 | 1475.95 | 0.6102 | 8.0214 | 78.01 | -595.30 |
| -73 | 0.00875 | 1.3718 | 11.10076 | 0.7290 | 0.0901 | 177.10 | 1651.00 | 1473.90 | 0.6297 | 7.9937 | 76.25 | -585.40 |
| -72 | 0.00943 | 1.3740 | 10.34599 | 0.7278 | 0.0967 | 181.00 | 1652.86 | 1471.86 | 0.6491 | 7.9664 | 74.52 | -575.62 |
| -71 | 0.01016 | 1.3761 | 9.65048 | 0.7267 | 0.1036 | 184.89 | 1654.71 | 1469.82 | 0.6684 | 7.9394 | 72.82 | -565.94 |
| -70 | 0.01094 | 1.3783 | 9.00904 | 0.7255 | 0.1110 | 188.77 | 1656.56 | 1467.79 | 0.6876 | 7.9127 | 71.15 | -556.36 |
| -69 | 0.01177 | 1.3805 | 8.41693 | 0.7244 | 0.1188 | 192.63 | 1658.41 | 1465.77 | 0.7066 | 7.8864 | 69.50 | -546.89 |
| -68 | 0.01265 | 1.3827 | 7.85755 | 0.7232 | 0.1273 | 198.63 | 1660.09 | 1461.46 | 0.7358 | 7.8597 | 67.00 | -537.46 |
| -67 | 0.01358 | 1.3849 | 7.35257 | 0.7221 | 0.1360 | 202.47 | 1661.92 | 1459.46 | 0.7545 | 7.8341 | 65.43 | -528.19 |
| -66 | 0.01457 | 1.3871 | 6.88528 | 0.7209 | 0.1452 | 206.29 | 1663.75 | 1457.46 | 0.7730 | 7.8088 | 63.89 | -519.02 |
| -65 | 0.01563 | 1.3893 | 6.45252 | 0.7198 | 0.1550 | 210.11 | 1665.58 | 1455.48 | 0.7914 | 7.7838 | 62.38 | -509.95 |
| -64 | 0.01674 | 1.3915 | 6.04664 | 0.7186 | 0.1654 | 214.97 | 1667.32 | 1452.45 | 0.8149 | 7.7588 | 60.48 | -500.95 |
| -63 | 0.01792 | 1.3938 | 5.67041 | 0.7175 | 0.1764 | 219.81 | 1669.06 | 1449.24 | 0.8378 | 7.7340 | 58.63 | -492.04 |

(续)

| 温度 t (℃) | 压力 p (MPa) | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 焓 | | 焓 | |
|----------------|------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-----------|------------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------|----------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 |
| | | V' (L/kg) | V'' (m ³ /kg) | ρ' (kg/L) | ρ''(kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | | s' [kJ/ (kg·K)] | s'' [kJ/ (kg·K)] | e' (kJ/kg) | e'' (kJ/kg) |
| -62 | 0.01917 | 1.3961 | 5.32558 | 0.7163 | 0.1878 | 223.59 | 1670.87 | 1447.28 | 0.8557 | 7.7100 | 57.21 | -483.25 |
| -61 | 0.02050 | 1.3983 | 5.00129 | 0.7151 | 0.1999 | 228.40 | 1672.59 | 1444.19 | 0.8784 | 7.6858 | 55.43 | -474.53 |
| -60 | 0.02190 | 1.4006 | 4.69999 | 0.7140 | 0.2128 | 233.20 | 1674.31 | 1441.11 | 0.9010 | 7.6620 | 53.69 | -465.90 |
| -59 | 0.02338 | 1.4029 | 4.42335 | 0.7128 | 0.2261 | 236.92 | 1676.11 | 1439.18 | 0.9184 | 7.6388 | 52.36 | -457.38 |
| -58 | 0.02494 | 1.4052 | 4.16250 | 0.7116 | 0.2402 | 241.69 | 1677.81 | 1436.12 | 0.9406 | 7.6156 | 50.69 | -448.93 |
| -57 | 0.02658 | 1.4076 | 3.92271 | 0.7105 | 0.2549 | 245.39 | 1679.60 | 1434.21 | 0.9577 | 7.5930 | 49.42 | -440.59 |
| -56 | 0.02832 | 1.4099 | 3.69622 | 0.7093 | 0.2705 | 250.12 | 1681.29 | 1431.17 | 0.9795 | 7.5702 | 47.82 | -432.31 |
| -55 | 0.03015 | 1.4122 | 3.48642 | 0.7081 | 0.2868 | 254.31 | 1683.02 | 1428.71 | 0.9988 | 7.5480 | 46.43 | -424.13 |
| -54 | 0.03208 | 1.4146 | 3.29060 | 0.7069 | 0.3039 | 258.48 | 1684.74 | 1426.26 | 1.0179 | 7.5260 | 45.07 | -416.03 |
| -53 | 0.03411 | 1.4170 | 3.10648 | 0.7057 | 0.3219 | 263.16 | 1686.42 | 1423.26 | 1.0391 | 7.5041 | 43.58 | -408.00 |
| -52 | 0.03624 | 1.4194 | 2.93446 | 0.7045 | 0.3408 | 267.82 | 1688.08 | 1420.26 | 1.0602 | 7.4824 | 42.12 | -400.05 |
| -51 | 0.03849 | 1.4218 | 2.77473 | 0.7034 | 0.3604 | 271.94 | 1689.79 | 1417.84 | 1.0788 | 7.4612 | 40.85 | -392.19 |
| -50 | 0.04085 | 1.4242 | 2.62526 | 0.7022 | 0.3809 | 276.05 | 1691.48 | 1415.44 | 1.0973 | 7.4402 | 39.62 | -384.41 |
| -49 | 0.04332 | 1.4266 | 2.48431 | 0.7010 | 0.4025 | 280.66 | 1693.13 | 1412.48 | 1.1178 | 7.4193 | 38.25 | -376.70 |

(续)

| 温度 t (°C) | 压力 p (MPa) | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 焓 | | 熵 | |
|-----------------|------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-----------|------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 |
| | | V' (L/kg) | V'' (m ³ /kg) | ρ' (kg/L) | ρ''(kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | | s'[kJ/ (kg·K)] | s''[kJ/ (kg·K)] | e' (kJ/kg) | e'' (kJ/kg) |
| -48 | 0.04592 | 1.4290 | 2.35228 | 0.6998 | 0.4251 | 285.24 | 1694.77 | 1409.53 | 1.1382 | 7.3986 | 36.02 | -369.06 |
| -47 | 0.04865 | 1.4315 | 2.22941 | 0.6986 | 0.4485 | 289.30 | 1696.45 | 1407.15 | 1.1562 | 7.3784 | 35.77 | -361.51 |
| -46 | 0.05151 | 1.4340 | 2.11331 | 0.6974 | 0.4732 | 293.85 | 1698.07 | 1404.22 | 1.1763 | 7.3582 | 34.51 | -354.03 |
| -45 | 0.05450 | 1.4364 | 2.00436 | 0.6962 | 0.4989 | 298.38 | 1699.69 | 1401.31 | 1.1961 | 7.3382 | 33.27 | -346.62 |
| -44 | 0.05764 | 1.4389 | 1.90243 | 0.6950 | 0.5256 | 302.63 | 1701.32 | 1398.68 | 1.2147 | 7.3185 | 32.13 | -339.28 |
| -43 | 0.06093 | 1.4414 | 1.80666 | 0.6937 | 0.5535 | 306.87 | 1702.94 | 1396.07 | 1.2332 | 7.2991 | 31.03 | -332.02 |
| -42 | 0.06436 | 1.4440 | 1.71627 | 0.6925 | 0.5827 | 311.35 | 1704.54 | 1393.19 | 1.2525 | 7.2798 | 29.88 | -324.82 |
| -41 | 0.06796 | 1.4465 | 1.63125 | 0.6913 | 0.6130 | 315.80 | 1706.12 | 1390.32 | 1.2718 | 7.2606 | 28.76 | -317.69 |
| -40 | 0.07171 | 1.4491 | 1.55124 | 0.6901 | 0.6446 | 320.24 | 1707.70 | 1387.46 | 1.2908 | 7.2415 | 27.68 | -310.63 |
| -39 | 0.07563 | 1.4516 | 1.47589 | 0.6889 | 0.6776 | 324.65 | 1709.27 | 1384.62 | 1.3097 | 7.2230 | 26.62 | -303.64 |
| -38 | 0.07973 | 1.4542 | 1.40491 | 0.6877 | 0.7118 | 329.05 | 1710.83 | 1381.78 | 1.3284 | 7.2046 | 25.59 | -296.72 |
| -37 | 0.08431 | 1.4568 | 1.33799 | 0.6864 | 0.7474 | 333.43 | 1712.38 | 1378.96 | 1.3469 | 7.1863 | 24.59 | -289.86 |
| -36 | 0.08847 | 1.4694 | 1.27462 | 0.6852 | 0.7845 | 338.04 | 1713.90 | 1375.87 | 1.3664 | 7.1681 | 23.56 | -283.06 |
| -35 | 0.09312 | 1.4621 | 1.21508 | 0.6840 | 0.8230 | 342.37 | 1715.44 | 1373.07 | 1.3846 | 7.1502 | 22.61 | -276.34 |
| -34 | 0.09797 | 1.4647 | 1.15863 | 0.6827 | 0.8631 | 346.94 | 1716.94 | 1370.00 | 1.4037 | 7.1324 | 21.63 | -269.67 |

(续)

| 温度 t (℃) | 压力 p (MPa) | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 焓 | | 焓 | |
|----------------|------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-----------|------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 |
| | | V' (L/kg) | V'' (m ³ /kg) | ρ' (kg/L) | ρ''(kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | | s'[(kJ/ kg·K)] | s''[(kJ/ kg·K)] | e' (kJ/kg) | e'' (kJ/kg) |
| -33.33 | 0.10133 | 1.4665 | 1.12264 | 0.6819 | 0.8908 | 349.90 | 1717.96 | 1368.05 | 1.4161 | 7.1206 | 21.02 | -265.23 |
| -33 | 0.10302 | 1.4674 | 1.10553 | 0.6815 | 0.9045 | 351.24 | 1718.46 | 1364.23 | 1.4216 | 7.1148 | 20.74 | -263.07 |
| -32 | 0.10828 | 1.4701 | 1.05514 | 0.6802 | 0.9477 | 355.77 | 1719.95 | 1364.18 | 1.4404 | 7.0974 | 19.82 | -256.52 |
| -31 | 0.11376 | 1.4728 | 1.00750 | 0.6790 | 0.9926 | 360.27 | 1721.43 | 1361.15 | 1.4590 | 7.0801 | 18.93 | -250.04 |
| -30 | 0.11946 | 1.4755 | .96244 | 0.6770 | 1.0390 | 364.76 | 1722.89 | 1358.14 | 1.4775 | 7.0631 | 18.06 | -243.62 |
| -29 | 0.12538 | 1.4782 | 0.91976 | 0.6765 | 1.0872 | 369.22 | 1724.35 | 1355.13 | 1.4957 | 7.0462 | 17.23 | -237.26 |
| -28 | 0.13154 | 1.4810 | 0.87941 | 0.6752 | 1.1371 | 373.66 | 1725.80 | 1352.14 | 1.5139 | 7.0294 | 16.41 | -230.96 |
| -27 | 0.13795 | 1.4837 | 0.84117 | 0.6740 | 1.1888 | 378.09 | 1727.24 | 1349.16 | 1.5318 | 7.0129 | 15.63 | -224.72 |
| -26 | 0.14460 | 1.4865 | 0.80492 | 0.6727 | 1.2424 | 382.49 | 1728.67 | 1346.19 | 1.5496 | 6.9965 | 14.86 | -218.53 |
| -25 | 0.15150 | 1.4893 | 0.77048 | 0.6715 | 1.2979 | 386.99 | 1730.08 | 1343.09 | 1.5678 | 6.9802 | 14.11 | -212.40 |
| -24 | 0.15857 | 1.4921 | 0.73781 | 0.6702 | 1.3554 | 391.47 | 1731.48 | 1340.01 | 1.5858 | 6.9641 | 13.37 | -206.33 |
| -23 | 0.16611 | 1.4950 | 0.70681 | 0.6689 | 1.4148 | 395.93 | 1732.87 | 1336.94 | 1.6036 | 6.9481 | 12.66 | -200.32 |
| -22 | 0.17382 | 1.4978 | 0.67731 | 0.6676 | 1.4764 | 400.50 | 1734.24 | 1333.74 | 1.6217 | 6.9323 | 11.96 | -194.35 |
| -21 | 0.18182 | 1.5007 | 0.64937 | 0.6664 | 1.5400 | 404.91 | 1735.61 | 1330.69 | 1.6393 | 6.9166 | 11.30 | -188.45 |

(续)

| 温度 t (°C) | 压力 p (MPa) | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | | 露 | |
|-----------------|------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-----------|------------|-----------------|-------------------|----------------|---------------|----------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 |
| | | V' (L/kg) | V'' (m ³ /kg) | ρ' (kg/L) | ρ''(kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | | s' (kJ/(kg·K)) | s''(kJ/(kg·K)) | e' (kJ/kg) | e'' (kJ/kg) |
| -20 | 0.19011 | 1.5036 | 0.62275 | 0.6651 | 1.6058 | 409.43 | 1736.95 | 1327.52 | 1.6571 | 6.9011 | 10.65 | -182.59 |
| -19 | 0.19876 | 1.5065 | 0.59745 | 0.6638 | 1.6738 | 413.93 | 1738.29 | 1324.36 | 1.6748 | 6.8857 | 10.02 | -176.79 |
| -18 | 0.20750 | 1.5094 | 0.57349 | 0.6625 | 1.7440 | 418.40 | 1739.62 | 1321.21 | 1.6923 | 6.8705 | 9.41 | -171.05 |
| -17 | 0.21681 | 1.5124 | 0.55046 | 0.6612 | 1.8167 | 422.98 | 1740.92 | 1317.94 | 1.7101 | 6.8553 | 8.81 | -165.35 |
| -16 | 0.22634 | 1.5154 | 0.52869 | 0.6599 | 1.8915 | 427.41 | 1742.22 | 1314.82 | 1.7273 | 6.8404 | 8.25 | -159.71 |
| -15 | 0.23620 | 1.5184 | 0.50790 | 0.6586 | 1.9689 | 431.94 | 1743.51 | 1311.57 | 1.7449 | 6.8255 | 7.70 | -154.12 |
| -14 | 0.24640 | 1.5214 | 0.48811 | 0.6573 | 2.0487 | 436.45 | 1744.78 | 1308.33 | 1.7622 | 6.8108 | 7.17 | -148.57 |
| -13 | 0.25695 | 1.5244 | 0.46926 | 0.6560 | 2.1310 | 440.93 | 1746.04 | 1305.11 | 1.7794 | 6.7962 | 6.67 | -143.08 |
| -12 | 0.26785 | 1.5275 | 0.45124 | 0.6547 | 2.2161 | 445.52 | 1747.28 | 1301.76 | 1.7970 | 6.7817 | 6.17 | -137.64 |
| -11 | 0.27912 | 1.5306 | 0.43408 | 0.6534 | 2.3037 | 450.02 | 1748.51 | 1298.49 | 1.8141 | 6.7673 | 5.70 | -132.25 |
| -10 | 0.29075 | 1.5337 | 0.41770 | 0.6520 | 2.3941 | 454.56 | 1749.72 | 1295.17 | 1.8313 | 6.7531 | 5.25 | -126.90 |
| -9 | 0.30277 | 1.5368 | 0.40206 | 0.6507 | 2.4872 | 459.07 | 1750.93 | 1291.85 | 1.8484 | 6.7390 | 4.82 | -121.61 |
| -8 | 0.31517 | 1.5398 | 0.38712 | 0.6494 | 2.5832 | 463.63 | 1752.11 | 1288.49 | 1.8655 | 6.7250 | 4.00 | -116.36 |
| -7 | 0.32797 | 1.5431 | 0.37286 | 0.6481 | 2.6820 | 468.16 | 1753.29 | 1285.13 | 1.8825 | 6.7111 | 4.01 | -111.15 |
| -6 | 0.34117 | 1.5463 | 0.35923 | 0.6467 | 2.7837 | 472.67 | 1754.45 | 1281.78 | 1.8993 | 6.6973 | 3.63 | -106.00 |

(续)

| 温度 t | 压力 p | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | | 焓 | |
|---------|---------|----------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------|---------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 |
| | | V' (L/kg) | V'' (m ³ /kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h' (kJ/kg) | h'' (kJ/kg) | | s' [kJ/ (kg·K)] | s'' [kJ/ (kg·K)] | e' (kJ/kg) | e'' (kJ/kg) |
| -5 | 0.35479 | 1.5495 | 0.34619 | 0.6454 | 2.8885 | 477.22 | 1755.80 | 1278.38 | 1.9162 | 6.6837 | 3.28 | -100.89 |
| -4 | 0.36883 | 1.5527 | 0.33572 | 0.6440 | 2.9965 | 481.80 | 1756.72 | 1274.92 | 1.9332 | 6.6701 | 2.94 | -95.83 |
| -3 | 0.38331 | 1.5560 | 0.32179 | 0.6427 | 3.1076 | 486.36 | 1757.84 | 1271.48 | 1.9500 | 6.6566 | 2.62 | -90.81 |
| -2 | 0.39822 | 1.5593 | 0.31038 | 0.6413 | 3.2219 | 490.90 | 1758.94 | 1268.04 | 1.9667 | 6.6433 | 2.32 | -85.84 |
| -1 | 0.41359 | 1.5626 | 0.29945 | 0.6401 | 3.3395 | 495.47 | 1760.03 | 1264.55 | 1.9835 | 6.6300 | 2.03 | -80.91 |
| 0 | 0.42941 | 1.5659 | 0.28899 | 0.6386 | 3.4604 | 500.02 | 1761.10 | 1261.08 | 2.0001 | 6.6169 | 1.77 | -76.02 |
| 1 | 0.44571 | 1.5693 | 0.27896 | 0.6372 | 3.5848 | 504.61 | 1762.15 | 1257.54 | 2.0168 | 6.6038 | 1.52 | -71.18 |
| 2 | 0.46248 | 1.5727 | 0.26935 | 0.6359 | 3.7126 | 509.18 | 1763.19 | 1254.02 | 2.0333 | 6.5909 | 1.30 | -66.38 |
| 3 | 0.47974 | 1.5761 | 0.26015 | 0.6345 | 3.8439 | 513.72 | 1764.22 | 1250.50 | 2.0497 | 6.5780 | 1.09 | -61.63 |
| 4 | 0.49750 | 1.5795 | 0.25132 | 0.6331 | 3.9790 | 518.33 | 1765.23 | 1246.99 | 2.0662 | 6.5652 | 0.90 | -56.92 |
| 5 | 0.51576 | 1.5830 | 0.24285 | 0.6317 | 4.1178 | 522.91 | 1766.22 | 1243.31 | 2.0826 | 6.5526 | 0.72 | -52.25 |
| 6 | 0.53454 | 1.5865 | 0.23472 | 0.6303 | 4.2603 | 527.50 | 1767.20 | 1239.70 | 2.0990 | 6.5400 | 0.57 | -47.62 |
| 7 | 0.55385 | 1.5900 | 0.22693 | 0.6289 | 4.4067 | 532.07 | 1768.17 | 1236.09 | 2.1152 | 6.5275 | 0.43 | -43.03 |
| 8 | 0.57370 | 1.5936 | 0.21944 | 0.6275 | 4.5570 | 536.68 | 1769.11 | 1232.43 | 2.1315 | 6.5151 | 0.31 | -38.49 |
| 9 | 0.59409 | 1.5972 | 0.21225 | 0.6261 | 4.7114 | 541.29 | 1770.04 | 1228.75 | 2.1478 | 6.5027 | 0.20 | -33.98 |

(续)

| 温度 t (°C) | 压力 p (MPa) | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | | 焓 | |
|-----------------|------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-----------|------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 |
| | | V' (L/kg) | V'' (m ³ /kg) | ρ' (kg/L) | ρ''(kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | | s'(kJ/ (kg·K)) | s''(kJ/ (kg·K)) | e' (kJ/kg) | e'' (kJ/kg) |
| 10 | 0.61503 | 1.6008 | 0.20535 | 0.6247 | 4.8698 | 545.88 | 1770.96 | 1225.08 | 2.1639 | 6.4905 | 0.12 | -29.52 |
| 11 | 0.63655 | 1.6044 | 0.19871 | 0.6233 | 5.0325 | 550.50 | 1771.85 | 1221.35 | 2.1801 | 6.4783 | 0.05 | -25.09 |
| 12 | 0.65864 | 1.6081 | 0.19233 | 0.6219 | 5.1993 | 555.10 | 1772.74 | 1217.63 | 2.1961 | 6.4663 | 0.00 | -20.71 |
| 13 | 0.68132 | 1.6118 | 0.18620 | 0.6204 | 5.3705 | 559.71 | 1773.60 | 1213.89 | 2.2121 | 6.4543 | -0.03 | -16.36 |
| 14 | 0.70459 | 1.6155 | 0.18030 | 0.6190 | 5.5463 | 564.35 | 1774.45 | 1210.09 | 2.2282 | 6.4423 | -0.05 | -12.06 |
| 15 | 0.72848 | 1.6193 | 0.17463 | 0.6176 | 5.7264 | 568.97 | 1775.28 | 1206.31 | 2.2441 | 6.4305 | -0.05 | -7.79 |
| 16 | 0.75298 | 1.6231 | 0.16917 | 0.6161 | 5.9111 | 573.60 | 1776.09 | 1202.49 | 2.2600 | 6.4187 | -0.03 | -3.56 |
| 17 | 0.77811 | 1.6269 | 0.16392 | 0.6147 | 6.1007 | 578.26 | 1776.88 | 1198.62 | 2.2760 | 6.4070 | 0.01 | 0.63 |
| 18 | 0.80388 | 1.6308 | 0.15886 | 0.6132 | 6.2949 | 582.90 | 1777.66 | 1194.77 | 2.2918 | 6.3954 | 0.06 | 4.78 |
| 19 | 0.83029 | 1.6347 | 0.15399 | 0.6117 | 6.4940 | 587.54 | 1778.42 | 1190.88 | 2.3075 | 6.3838 | 0.13 | 8.89 |
| 20 | 0.85737 | 1.6386 | 0.14930 | 0.6103 | 6.6981 | 592.19 | 1779.17 | 1186.97 | 2.3235 | 6.3723 | 0.21 | 12.97 |
| 21 | 0.88513 | 1.6426 | 0.14478 | 0.6088 | 6.9072 | 596.85 | 1779.89 | 1183.04 | 2.3390 | 6.3609 | 0.32 | 17.01 |
| 22 | 0.91356 | 1.6466 | 0.14042 | 0.6073 | 7.1215 | 601.51 | 1780.60 | 1179.09 | 2.3547 | 6.3495 | 0.44 | 21.01 |
| 23 | 0.94269 | 1.6507 | 0.13622 | 0.6058 | 7.3411 | 606.18 | 1781.29 | 1175.10 | 2.3703 | 6.3382 | 0.57 | 24.98 |

(续)

| 温度 t | 压力 p | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | | 焓 | |
|---------|---------|--------|----------------------|---------|-------------------------------|-----------|------------|-----------------|---------|----------|---------|-------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 |
| | | V' | V'' | ρ' | ρ'' (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | | s'[(kJ/ | s''[(kJ/ | e' | e'' |
| (°C) | (MPa) | (L/kg) | (m ³ /kg) | (kg/L) | | | | (kJ·K)] | (kJ·K)] | (kJ/kg) | (kJ/kg) | |
| 24 | 0.97252 | 1.6547 | 0.13217 | 0.6043 | 7.5659 | 610.85 | 1781.96 | 1171.12 | 2.3858 | 6.3270 | 0.73 | 28.90 |
| 25 | 1.00307 | 1.6589 | 0.12827 | 0.6028 | 7.7962 | 615.51 | 1782.62 | 1167.10 | 2.4013 | 6.3158 | 0.89 | 32.80 |
| 26 | 1.03434 | 1.6630 | 0.12450 | 0.6013 | 8.0321 | 620.20 | 1783.25 | 1163.05 | 2.4169 | 6.3047 | 1.08 | 36.65 |
| 27 | 1.06635 | 1.6672 | 0.12086 | 0.5998 | 8.2737 | 624.90 | 1783.86 | 1158.7 | 2.4324 | 6.2936 | 1.28 | 40.48 |
| 28 | 1.09911 | 1.6714 | 0.11736 | 0.5983 | 8.5211 | 629.60 | 1784.46 | 1154.86 | 2.4478 | 6.2826 | 1.50 | 44.26 |
| 29 | 1.13253 | 1.6757 | 0.11397 | 0.5968 | 8.7744 | 634.30 | 1785.03 | 1150.73 | 2.4632 | 6.2717 | 1.74 | 48.01 |
| 30 | 1.16693 | 1.6800 | 0.11070 | 0.5952 | 9.0337 | 639.01 | 1785.59 | 1146.57 | 2.4786 | 6.2608 | 1.99 | 51.73 |
| 31 | 1.20201 | 1.6844 | 0.10754 | 0.5937 | 9.2991 | 643.73 | 1786.12 | 1142.39 | 2.4940 | 6.2500 | 2.26 | 55.41 |
| 32 | 1.23788 | 1.6888 | 0.10449 | 0.5921 | 9.5707 | 648.46 | 1786.64 | 1138.18 | 2.5093 | 6.2392 | 2.54 | 59.05 |
| 33 | 1.27456 | 1.6933 | 0.10154 | 0.5906 | 9.8487 | 653.19 | 1787.14 | 1133.95 | 2.5245 | 6.2284 | 2.85 | 62.66 |
| 34 | 1.31205 | 1.6978 | 0.09869 | 0.5890 | 10.1332 | 657.93 | 1787.61 | 1129.69 | 2.5398 | 6.2177 | 3.16 | 66.24 |
| 35 | 1.35038 | 1.7023 | 0.09593 | 0.5874 | 10.4242 | 662.67 | 1788.07 | 1125.40 | 2.5550 | 6.2071 | 3.50 | 69.78 |
| 36 | 1.38955 | 1.7069 | 0.09327 | 0.5859 | 10.7220 | 667.42 | 1788.50 | 1121.08 | 2.5702 | 6.1965 | 3.85 | 73.29 |
| 37 | 1.42958 | 1.7115 | 0.09069 | 0.5843 | 11.0266 | 672.18 | 1788.92 | 1116.74 | 2.5853 | 6.1859 | 4.21 | 76.77 |
| 38 | 1.47047 | 1.7162 | 0.08820 | 0.5827 | 11.3384 | 676.95 | 1789.31 | 1112.36 | 2.6004 | 6.1754 | 4.59 | 80.21 |

(续)

| 温度 t (°C) | 压力 p (MPa) | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | | 烟 | |
|-----------------|----------------------|--------|---------|---------|-------------------------------|-----------|------------|-----------------|---------|--------|-------|--------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 |
| | | V' | V'' | ρ' | ρ'' (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | | s' | s'' | e' | e'' |
| (L/kg) | (m ³ /kg) | (kg/L) | | | | (kJ·K) | (kJ·K) | (kJ/kg) | (kJ/kg) | | | |
| 39 | 1.51223 | 1.7210 | 0.08578 | 0.5811 | 11.6572 | 681.74 | 1789.63 | 1107.94 | 2.6156 | 6.1650 | 4.99 | 83.61 |
| 40 | 1.55489 | 1.7257 | 0.08345 | 0.5795 | 11.9832 | 686.51 | 1790.03 | 1103.52 | 2.6306 | 6.1545 | 5.41 | 86.99 |
| 41 | 1.59345 | 1.7306 | 0.08119 | 0.5778 | 12.3167 | 691.31 | 1790.35 | 1099.05 | 2.6457 | 6.1441 | 5.84 | 90.33 |
| 42 | 1.64293 | 1.7355 | 0.07900 | 0.5762 | 12.6579 | 696.12 | 1790.66 | 1094.53 | 2.6607 | 6.1338 | 6.29 | 93.64 |
| 43 | 1.68833 | 1.7404 | 0.07688 | 0.5745 | 13.0067 | 700.92 | 1790.94 | 1090.01 | 2.6757 | 6.1235 | 6.75 | 96.91 |
| 44 | 1.73467 | 1.7454 | 0.07483 | 0.5729 | 13.3634 | 705.76 | 1791.29 | 1085.44 | 2.6907 | 6.1132 | 7.23 | 100.15 |
| 45 | 1.78196 | 1.7505 | 0.07284 | 0.5713 | 13.7282 | 710.59 | 1791.43 | 1080.84 | 2.7057 | 6.1029 | 7.73 | 103.36 |
| 46 | 1.83022 | 1.7556 | 0.07092 | 0.5696 | 14.1011 | 715.44 | 1791.64 | 1076.21 | 2.7206 | 6.0927 | 8.24 | 106.54 |
| 47 | 1.87945 | 1.7608 | 0.06905 | 0.5679 | 14.4823 | 720.23 | 1791.83 | 1071.55 | 2.7355 | 6.0825 | 8.77 | 109.68 |
| 48 | 1.92968 | 1.7660 | 0.06724 | 0.5662 | 14.8722 | 725.15 | 1791.99 | 1066.84 | 2.7504 | 6.0723 | 9.31 | 112.79 |
| 49 | 1.98090 | 1.7713 | 0.06548 | 0.5645 | 15.2707 | 730.03 | 1792.13 | 1062.10 | 2.7653 | 6.0622 | 9.88 | 115.87 |
| 50 | 2.03314 | 1.7767 | 0.06378 | 0.5628 | 15.6782 | 734.92 | 1792.25 | 1057.33 | 2.7801 | 6.0521 | 10.45 | 118.92 |

JB8955-67中小型氟活式单级制冷压缩机基本参数

表 4—5

| 缸 径(mm) | 行 程(mm) | 缸 数 | 转速(r/min) | 活塞行程容积 | 标准制冷量 | 标准轴功率 |
|---------|---------|-----|-----------|---------------------|--------|-------|
| | | | | (m ³ /h) | (kW) | (kW) |
| 70 | 55 | 2 | 1440 | 36.6 | 15.29 | 4.52 |
| | | 3 | 1440 | 54.9 | 22.91 | 6.75 |
| | | 4 | 1440 | 73.2 | 30.59 | 8.88 |
| | | 6 | 1440 | 109.8 | 46.05 | 13.40 |
| | | 8 | 1440 | 146.4 | 61.17 | 17.80 |
| 100 | 70 | 2 | 960 | 63.4 | 27.10 | 8.12 |
| | | 4 | 960 | 126.8 | 54.19 | 16.0 |
| | | 6 | 960 | 190.2 | 81.28 | 23.8 |
| | | 8 | 960 | 253.6 | 108.39 | 31.6 |
| 125 | 100 | 2 | 960 | 141.5 | 61.06 | 18.3 |
| | | 4 | 960 | 283.0 | 122.12 | 36.1 |
| | | 6 | 960 | 424.5 | 183.75 | 53.9 |
| | | 8 | 960 | 566.0 | 244.19 | 71.2 |
| 170 | 140 | 2 | 720 | 275.0 | 127.93 | 36.4 |
| | | 4 | 720 | 550.0 | 255.86 | 71.9 |
| | | 6 | 720 | 825.0 | 383.79 | 107.1 |
| | | 8 | 720 | 1100.0 | 511.72 | 142.0 |

开启式氨螺杆制冷压缩机基本参数 表 4—6

| 转子公称直径 (mm) | 阳转子转速 (r/min) | 标准制冷量(kW) | | 轴功率(kW) | |
|----------------|------------------|-----------|---------|---------|--------|
| | | 长径比1 | 长径比1.5 | 长径比1 | 长径比1.5 |
| 63 | 4440 | 15.47 | 23.96 | 4.74 | 7.21 |
| 80 | 4440 | 33.26 | 51.16 | 10.07 | 15.18 |
| 100 | 4440 | 68.26 | 104.32 | 20.24 | 30.82 |
| 125 | 2960 | 90.02 | 136.65 | 26.64 | 40.31 |
| 160 | 2960 | 191.89 | 290.05 | 56.60 | 81.77 |
| 200 | 2960 | 349.42 | 579.87 | 110.17 | 161.88 |
| 250 | 2960 | 759.67 | 1158.58 | 211.39 | 317.26 |
| 315 | 2960 | 1548.18 | 2343.79 | 422.6 | 633.74 |

(三) 氨压缩机制冷量和功率计算

氨压缩机的产冷量和轴功率，应根据制造厂提供的该型号压缩机的性能曲线来采用，压缩机功率按制造厂所配电动机功率选用。如无上述资料时，可按下列公式进行计算。

1. 氨单级活塞式压缩机制冷量和功率计算

(1) 单级压缩制冷循环：压焓图见图 4—2。

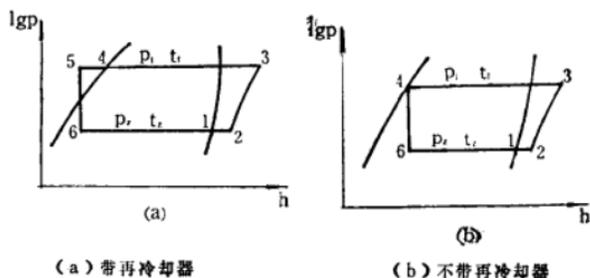


图 4—2 氨单级压缩制冷循环压焓图

(2) 压缩机理论排气量：

$$V_p = 60 S n Z \pi D^2 / 4 \quad (4-1)$$

式中： V_p ——压缩机理论排气量(m^3/h)。

S ——活塞行程(m)。

n ——压缩机转速(r/min)。

D ——气缸直径 (m)。

Z ——气缸数 (个)。

(3) 压缩机输气系数 λ ;

$$\lambda = 0.94 - 0.085 \left[\left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{1.28}} - 1 \right] \quad (4-2)$$

式中： P_1 ——冷凝压力 (绝对) (MPa)。

P_2 ——蒸发压力 (绝对) (MPa)。

按公式 (4-2) 计算的部分输气系数值见表 4-7、4-8。

氟压缩机输气系数 表 4-7

| 蒸发温度 (℃) | 冷 凝 温 度 (℃) | | | | |
|-------------|-------------|------|------|------|------|
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| 5 | 0.90 | 0.88 | 0.86 | 0.84 | 0.82 |
| ±0 | 0.88 | 0.86 | 0.84 | 0.82 | 0.79 |

(续)

| 蒸发温度 (℃) | 冷 凝 温 度 (℃) | | | | |
|-------------|-------------|------|------|------|------|
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| -5 | 0.85 | 0.83 | 0.81 | 0.78 | 0.75 |
| -10 | 0.83 | 0.80 | 0.77 | 0.74 | 0.71 |
| -15 | 0.79 | 0.76 | 0.73 | 0.69 | 0.65 |
| -20 | 0.75 | 0.71 | 0.67 | 0.63 | 0.59 |
| -25 | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 | — |
| -28 | 0.66 | 0.61 | 0.56 | — | — |

低压级压缩机输气系数 表 4-8

| 蒸发温度 (℃) | 中 间 温 度 (℃) | | | | | | |
|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|
| | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | ±0 | 5 |
| -28 | — | — | — | 0.87 | 0.84 | 0.81 | 0.78 |
| -30 | — | — | — | 0.85 | 0.82 | 0.79 | 0.76 |
| -33 | — | — | 0.86 | 0.83 | 0.80 | 0.76 | 0.72 |
| -35 | — | — | 0.85 | 0.82 | 0.78 | 0.74 | 0.70 |
| -40 | — | 0.84 | 0.81 | 0.77 | 0.73 | 0.68 | 0.63 |
| -45 | 0.84 | 0.80 | 0.76 | 0.71 | 0.66 | 0.60 | 0.53 |

(4) 压缩机制冷量:

$$Q_c = V_p \lambda (h_1 - h_6) / 3.6 V_2$$

$$= V_p \lambda q_z / 3.6 \quad (4-3)$$

式中: Q_c ——压缩机制冷量 (W)

V_p ——压缩机理论排气量 (m^3/h)。

λ ——压缩机输气系数, 见表 4-7、4-8。

h_1 ——蒸发器出口饱和蒸气的比焓 (kJ/kg)。

h_6 ——进蒸发器液体的比焓 (kJ/kg)。

V_2 ——压缩机吸入口过热气体的比容 (m^3/kg)。

q_z ——氨单位容积冷量 见表 4-9、4-10 (kJ/m^3)。

3.6——1 kJ/h 化为 1 W。

(5) 压缩机指示功率:

双级压缩机单位容积制冷量 (kJ/m^3)

表 4-9

| 蒸发温度 ($^{\circ}C$) | 中间冷却器蛇形管出液温度 ($^{\circ}C$) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | -16 | -14 | -12 | -10 | -8 | -6 | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | ± 0 |
| -28 | 1366.7 | 1357.2 | 1347.7 | 1338.1 | 1328.6 | 1319.1 | 1314.3 | 1309.5 | 1304.7 | 1299.9 | 1295.1 | 1290.3 |
| -30 | 1282.6 | 1273.7 | 1264.7 | 1255.8 | 1246.8 | 1237.8 | 1233.3 | 1228.8 | 1224.3 | 1219.8 | 1215.3 | 1210.8 |
| -33 | 1075.9 | 1068.3 | 1060.8 | 1053.2 | 1045.7 | 1038.2 | 1034.4 | 1030.5 | 1026.7 | 1023.0 | 1019.2 | 1015.4 |
| -35 | 954.1 | 947.4 | 940.7 | 934.0 | 927.3 | 920.6 | 917.2 | 913.8 | 910.4 | 907.1 | 903.7 | 900.3 |
| -40 | 766.6 | 761.2 | 755.8 | 750.4 | 744.9 | 739.5 | 736.8 | 734.1 | 731.3 | 728.6 | 725.9 | 723.2 |
| -45 | 669.2 | 665.1 | 661.0 | 656.9 | 652.7 | 648.6 | 646.6 | 644.5 | 642.4 | 640.4 | 638.3 | 636.2 |

单级压缩机氨单位容积制冷量 (kJ/m³)

表 4—10

| 蒸发温度 (℃) | 冷凝温度或再冷却温度 (℃) | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 20 | 25 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| 5 | 4568.2 | 4477.5 | 4459.2 | 4422.6 | 4386.0 | 4349.3 | 4312.4 | 4294.0 | 4275.5 | 4257.0 | 4238.4 | 4219.8 |
| 0 | 3962.4 | 3883.3 | 3867.5 | 3835.6 | 3803.7 | 3771.7 | 3739.6 | 3723.5 | 3707.4 | 3691.2 | 3675.1 | 3658.8 |
| -5 | 3324.0 | 3257.4 | 3244.0 | 3217.1 | 3190.3 | 3163.3 | 3136.2 | 3122.7 | 3109.1 | 3095.5 | 3081.9 | 3068.2 |
| -10 | 2756.0 | 2700.5 | 2689.3 | 2666.2 | 2644.5 | 2622.0 | 2599.5 | 2588.2 | 2576.9 | 2565.6 | 2554.2 | 2542.8 |
| -15 | 2172.3 | 2128.3 | 2119.4 | 2101.7 | 2084.0 | 2066.1 | 2048.3 | 2039.3 | 2030.4 | 2021.4 | 2012.4 | 2003.3 |
| -20 | 1761.2 | 1725.3 | 1718.1 | 1703.6 | 1689.1 | 1674.6 | 1660.0 | 1652.7 | 1645.4 | 1638.1 | 1630.8 | 1623.4 |
| -25 | 1422.4 | 1393.2 | 1387.3 | 1375.6 | 1363.8 | 1352.0 | 1340.2 | 1334.3 | 1328.3 | 1322.4 | 1316.4 | 1310.4 |

$$P_s = G(h_3 - h_2) / (3600\eta_s) \quad (4-4)$$

$$G = V_p \lambda / V_z \quad (4-5)$$

$$\begin{aligned} \eta_s &= T_z / (T_1 + bt_z) \\ &= (273 + t_z) / (273 + t_1) + bt_z \end{aligned} \quad (4-6)$$

式中: P_s ——压缩机指示功率 (kW)。

G ——通过压缩机的氨循环量 (kg/h)。

V_p ——压缩机理论排气量 (m³/h)。

h_3 ——压缩机排出口气体的比焓 (kJ/kg)。

h_2 ——压缩机吸入口气体的比焓 (kJ/kg)。

η_s ——指示效率。

b ——系数, 立式压缩机取 0.001。

T_z ——蒸发温度 (K)。

t_2 ——蒸发温度(℃)。

T_1 ——冷凝温度(K)。

t_1 ——冷凝温度(℃)。

λ ——压缩机输气系数。

V_2 ——压缩机吸入口过热气体的比容
(m^3/kg)。

(6) 压缩机摩擦功率:

$$P_m = p_m V_p / 3600 \quad (4-7)$$

式中: P_m ——摩擦功率(kW)。

p_m ——摩擦压力(kPa)。立式氨压缩机
取50—80kPa。

(7) 压缩机轴功率:

$$P_z = (P_s + P_m) / \eta_q = P_y / \eta_q \quad (4-8)$$

式中: P_z ——压缩机轴功率(kW)。

η_q ——驱动效率。直接驱动取1, 三角皮带
驱动取0.97—0.98, 平皮带驱动取
0.96。

P_y ——有效功率(kW)。

(8) 压缩机电动机功率:

$$P = n P_z \quad (4-9)$$

式中: P ——压缩机电动机功率(kW)。

n ——选择电动机功率时的附加系数, 取
1.10—1.15。

P_z ——压缩机轴功率(kW)。

2. 氨螺杆式压缩机制冷量和功率计算

(1) 螺杆式压缩机的理论排气量:

$$V_p = 60 C_n L_n D^2 \quad (4-10)$$

式中: V_p ——螺杆式压缩机的理论排气量
(m^3/h)。

D ——主动转子的公称直径(m)。

L ——转子的工作长度(m)。

n ——主动转子的转速(r/min)。

C_n ——齿形系数, 与型线、齿数有关。一

般近似计算时, C_n 值为 0.46—0.508 (按阳转子名义直径计算), 对称圆弧型线取小值, 单边不对称型线取大值。

(2) 螺杆式压缩机制冷量:

$$Q_c = V_p \lambda q_z / 3.6 \quad (4-11)$$

式中: Q_c ——螺杆式压缩机制冷量 (W)。

V_p ——螺杆式压缩机理论排气量 (m^3/h)。

λ ——螺杆式压缩机输气系数, 可从制造厂提供的图表中查得。如无资料时, 可采用 0.75—0.9, 对输气量小、压缩比大的螺杆式压缩机取小值, 反之取较大值。

q_z ——单位容积制冷量, 见表 4-9、4-10。

(3) 螺杆式压缩机轴功率:

$$P_z = V_n \lambda (h_3 - h_2) / (3600 \eta V_2) \quad (4-12)$$

式中: P_z ——螺杆式压缩机轴功率 (kW)。

h_2 ——螺杆式压缩机吸入口氨气体的比焓 (kJ/kg)。

h_3 ——螺杆式压缩机排出口氨气体的比焓 (kJ/kg)。

V_2 ——螺杆式压缩机吸入口氨气体的比容 (m^3/kg)。

η ——螺杆式压缩机的总效率, 由制造厂提供。

3. 氨双级压缩机制冷量和功率计算

(1) 中间压力的选择: 中间压力应按运行经济性最好来确定, 这个中间压力称为理想中间压力, 其计算公式如下:

$$p_{zj} = \sqrt{p_l p_z} \quad (4-13)$$

式中: p_{zj} ——理想中间压力 (MPa)。

p_l ——冷凝压力 (绝对压力) (MPa)。

p_z ——蒸发压力 (绝对压力) (MPa)。

理想的中间压力是使低压级汽缸和高压级汽缸压缩比相接近, 此时双级压缩机所消耗的总功最小。据实验结果, 在相同压力比时, 低压级汽缸的输气系数要比高压级小, 而且当蒸发温度愈低, 吸气压力愈小时, 输气系数降低愈大。为了提高低压级汽缸的输气系数, 以获得较大的制冷量, 通常对低压级汽缸的压缩比取得小些。

理想的中间压力要求与它相适应的高压汽缸和低压汽缸容积比。实际上, 压缩机型号是固定的, 只有几种排气容积, 因此, 实际的中间压力, 是根据选用的高压汽缸和低压汽缸理论排气量之比来计算的。

高压汽缸和低压汽缸理论排气量之比—— ξ 值与制冷剂的性质和蒸发温度有关, 蒸发温度愈低, ξ 值愈小。对氨来说, 宜在下列范围内选用。

$$t_2 = -25 \sim -35^\circ\text{C} \quad \xi = 1/2 \sim 1/3$$

$$t_2 = -35 \sim -50^\circ\text{C} \quad \xi = 1/3$$

$$t_2 < -50^\circ\text{C} \quad \xi = 1/4$$

实际的中间压力, 可按下列方法计算。

①先选择压缩机型号: 如选用单机双级压缩机, 目前只有两种容积比, 即 $\xi = 1/2$ 和 $1/3$ 。如选用两台单级压缩机组合成一套双级压缩机时, 使两台压缩机的理论排气量之比 ξ 值符合上述要求。

②任意选定两个中间温度, 中间温度宜取负值, 两个中间温度间距不要太接近, 以差 $5 \sim 10^\circ\text{C}$ 为宜。

为了叙述方便, 下面以例题来计算。

例: 现有一台单机双级压缩机S8-12.5, 工况为蒸发温度 -30°C , 冷凝温度 35°C , 求中间温度?

解: S8-12.5单机双级压缩机高压汽缸理论排气量为 $141.5\text{m}^3/\text{h}$, 低压汽缸理论排气量为 $424.5\text{m}^3/\text{h}$, 高、低压汽缸容积比 ξ 值为 $1/3$ 。

任意选定两个中间温度, 一个为 -10°C , 一个为 $\pm 0^\circ\text{C}$, 相应的中间压力为 0.29075MPa 和 0.42941MPa 。

中冷器蛇形排管出液温度比中间温度高 5°C ，
分别为 -5°C 和 5°C 。

双级压缩制冷循环压焓图，见 图 4—3。

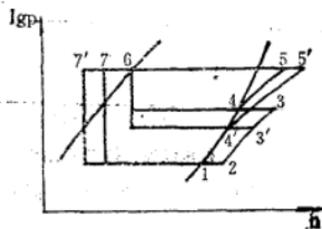


图 4—3 氨双级制冷循环压焓图
(不带再冷却器)

各点参数如下：

查表 4—4 和图 4—1 得：

$$h_1 = 1722.89 \quad (\text{kJ/kg})$$

$$h''_3 = 1869.56 \quad (\text{kJ/kg})$$

$$h'_4 = 1761.10 \quad (\text{kJ/kg})$$

$$V'_4 = 0.2890 \quad (\text{m}^3/\text{kg})$$

$$h''_4 = 1749.72 \quad (\text{kJ/kg})$$

$$V''_4 = 0.4177 \quad (\text{m}^3/\text{kg})$$

$$h_6 = 662.67 \quad (\text{kJ/kg})$$

$$V_2 = 1.01 \quad (\text{m}^3/\text{kg})$$

$$h'_7 = 522.91 \quad (\text{kJ/kg})$$

$$P_{zj} = 0.4294 \quad (\text{MPa})$$

$$h''_7 = 477.22 \quad (\text{kJ/kg})$$

$$P'_{zj'} = 0.2907 \quad (\text{MPa})$$

$$h'_3 = 1941.67 \quad (\text{kJ/kg})$$

查表 4—8 得

$$\lambda'_d = 0.79 \quad \lambda''_d = 0.85$$

查表 4—7 得

$$\lambda'_g = 0.82 \quad \lambda''_g = 0.74$$

| $t_{zj}^i = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $t_{zj}^{\prime\prime} = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
|--|---|
| 经过低压级的氨循环量 $G_d = V_{dp} \lambda_d / v_2$ $G_d^i = 424.5 \times 0.79 / 1.01$ $= 332.03 \text{ (kg/h)}$ | $G_d^{\prime\prime} = 424.5 \times 0.85 / 1.01$ $= 359.25 \text{ (kg/h)}$ |
| 经过高压级的氨循环量 $G_g^i = G_d^i (h_3^i - h_7^i) + (h_4^i - h_6^i)$ $= 332.03 (1941.67 - 522.91)$ $+ (1761.1 - 662.67)$ $= 428.86 \text{ (kg/h)}$ | $G_g^{\prime\prime} = G_d^{\prime\prime} (h_3^{\prime\prime} - h_7^{\prime\prime}) + (h_4^{\prime\prime} - h_6^{\prime\prime})$ $= 359.25 (1869.56 - 477.22)$ $+ (1749.52 - 662.67)$ $= 460.23 \text{ (kg/h)}$ |
| 所需高压级理论排气量 V_{gp} $V_{gp}^i = G_g^i v_4^i / \lambda_g^i$ $= 428.86 \times 0.2890 / 0.82$ $= 151.15 \text{ (m}^3/\text{h)}$ | $V_{gp}^{\prime\prime} = G_g^{\prime\prime} v_4^{\prime\prime} / \lambda_g^{\prime\prime}$ $= 460.23 \times 0.4177 / 0.74$ $= 259.78 \text{ (m}^3/\text{h)}$ |
| 高压级和低压级理论排气量之比 $\xi^i = V_{gp}^i / V_{dp}$ $= 151.15 + 424.5 = 0.356$ | $\xi^{\prime\prime} = V_{gp}^{\prime\prime} / V_{dp}$ $= 259.78 + 424.5 = 0.612$ |
| S 8-12.5 双级压缩机实际的高、低压级气缸理论排气量之比 $\xi = 0.333$ 。 | |
| 以中间压力和高、低压级理论排气量之比作直 | |

角座标图见图 4—4。

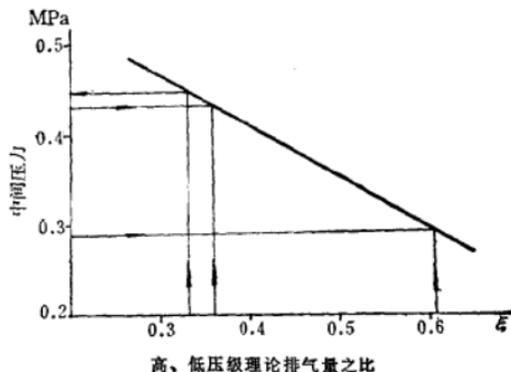


图 4—4 中间压力计算图

由图 4—4 得出中间压力约为 0.4485 MPa, 相应的中间温度约 1.5 $^{\circ}$ C。

用上述中间温度, 查出 h_3 、 h_4 、 h_7 、 v_4 、 λ_d 、 λ_g 各参数值, 进行复核, 根据低压级理论排气量求出所需高压级理论排气量, 是否等于或略小于实际

的高压级理论排气量，如等于或略小于，则上述中间温度即是实际的中间温度。如不等于或小得太多，要从新假定一个中间温度进行计算。

为了计算方便，现将高、低压气缸容积比 $\xi = 0.5$ 和 0.33 在不同工况下的中间温度列于图4—5。

(2) 两个蒸发温度合用一台中间冷却器时，中间温度按下列公式计算。

$$t_{zj} = (V_{dp1}t_{zj1} + V_{dp2}t_{zj2}) / (V_{dp1} + V_{dp2}) \quad (4-14)$$

式中： t_{zj} ——中间温度(℃)。

t_{zj1} ——中间冷却器分开时，蒸发温度 t_{z1} 的中间温度(℃)，查图4—5。

t_{zj2} ——中间冷却器分开时，蒸发温度 t_{z2} 的中间温度(℃)，查图4—5。

V_{dp1} ——蒸发温度 t_{z1} 的低压级气缸理论排

气量(m^3/h)。

V_{dp2} ——蒸发温度 t_{z2} 的低压级气缸理论排气量(m^3/h)。

如果两个蒸发温度的双级压缩机型号相同，台数不等时，公式4—14可简化成下式

$$t_{zj} = (m_1 t_{zj1} + m_2 t_{zj2}) / (m_1 + m_2) \quad (4-15)$$

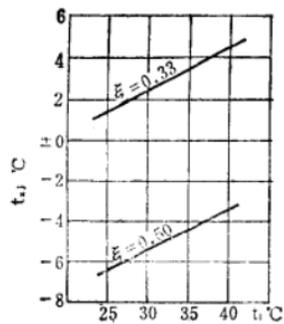
式中： m_1 ——蒸发温度 t_{z1} 双级压缩机的台数。

m_2 ——蒸发温度 t_{z2} 双级压缩机的台数。

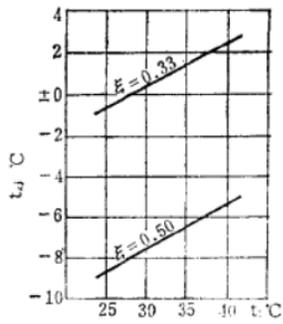
如果一个蒸发温度选的双级压缩机高、低压气缸容积比 $\xi = 0.33$ ，另一个蒸发温度选用的双级压缩机高、低压气缸容积比 $\xi = 0.5$ ，中间温度同样可用公式4—14计算。

(3) 双级压缩制冷循环压焓图，见图4—6。

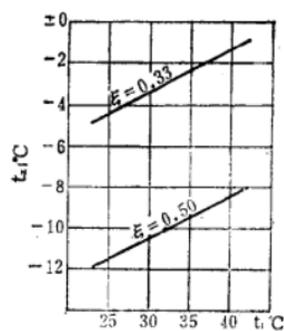
(4) 双级压缩机制冷量：



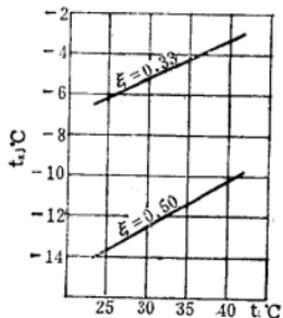
(a) $t_2 = -28^\circ\text{C}$



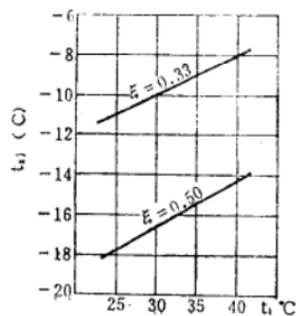
(b) $t_2 = -30^\circ\text{C}$



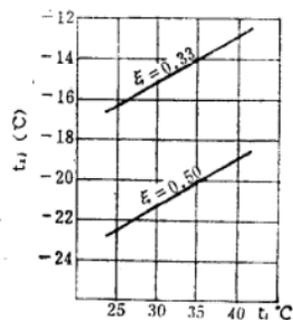
(c) $t_2 = -33^\circ\text{C}$



(d) $t_2 = -35^\circ\text{C}$

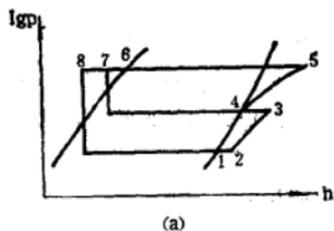


(e) $t_2 = -40^\circ\text{C}$

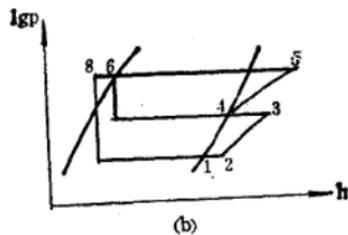


(f) $t_2 = -45^\circ\text{C}$

图 4-5 中间温度与蒸发温度、冷凝温度、高低压气缸容积比的关系



(a) 中间冷却器有蛇形冷却管。有再冷却器



(b) 中间冷却器有蛇形冷却管。无再冷却器

图 4—6 氨双级压缩制冷循环压焓图

$$Q_c = V_{dp} \lambda_{dp} (h_1 - h_8) / 3.6 V_2 \quad (4-17)$$

(4-16)

式中: Q_c ——双级压缩机制冷量 (W)。

V_{dp} ——低压级压缩机 (或气缸) 理论排气量 (m^3/h)。

或

$$Q_c = V_{dp} \lambda_{dp} q_z / 3.6$$

λ_{dp} ——低压级压缩机(或气缸)输气系数,查表4—8。

q_z ——低压级压缩机(或气缸)氨单位容积冷量(kJ/m³)。

3.6——千焦耳换算成瓦。

(5) 双级压缩机的氨循环量:

$$G = G_d (y + 1) \quad (4-18)$$

带再冷却器时

$$(y + 1) = (h_3 - h_8) / (h_4 - h_7) \quad (4-19)$$

不带再冷却器时

$$(y + 1) = (h_3 - h_8) / (h_4 - h_6) \quad (4-20)$$

式中: G ——双级压缩机氨循环量(kg/h)。

G_d ——低压级压缩机(或气缸)氨循环量(kg/h)。

h_3 ——进中间冷却器过热气体的比焓(kJ/kg)。

h_4 ——出中间冷却器饱和气体的比焓(kJ/kg)。

h_6 ——冷凝温度下氨液的比焓(kJ/kg)。

h_7 ——出再冷却器氨液的比焓(kJ/kg)。

h_8 ——中间冷却器蛇形管出口氨液的比焓(kJ/kg)。

(6) 双级压缩机功率:

①指示功率:

低压级:

$$P_{ds} = G_d (h_3 - h_2) / (3600 \eta_{ds}) \quad (4-21)$$

$$\eta_{ds} = (T_z \div T_{zj}) + b t_z \quad (4-22)$$

高压级:

$$p_{gs} = G (h_5 - h_4) / (3600 \eta_{gs})$$

(4-23)

$$\eta_{gs} = (T_{zj} + T_l) + bt_{zj}$$

(4-24)

式中: P_{ds} ——低压级压缩机指示功率(kW)。

P_{gs} ——高压级压缩机指示功率(kW)。

η_{ds} ——低压级压缩机指示效率。

η_{gs} ——高压级压缩机指示效率。

T_z ——蒸发温度(K)。

T_{zj} ——中间温度(K)。

T_l ——冷凝温度(K)。

t_z ——蒸发温度(°C)。

t_{zj} ——中间温度(°C)。

b ——系数, 立式压缩机取0.001, 卧式压缩机取0.002。

②摩擦功率:

低压级:

$$P_{dm} = p_m V_{d1} / 3600$$

(4-25)

高压级:

$$P_{gm} = p_m V_{gp} / 3600$$

(4-26)

式中: P_{dm} ——低压级压缩机摩擦功率(kW)。

P_{gm} ——高压级压缩机摩擦功率(kW)。

p_m ——摩擦压力(kPa), 立式压缩机取50—80kPa。

3600——千帕换算成千瓦。

③轴功率:

低压级:

$$P_{dz} = (P_{ds} + P_{dm}) / \eta_q$$

(4-27)

高压级:

$$P_{gz} = (P_{gs} + P_{gm}) / \eta_q$$

(4-28)

式中: P_{dz} ——低压级压缩机轴功率(kW)。

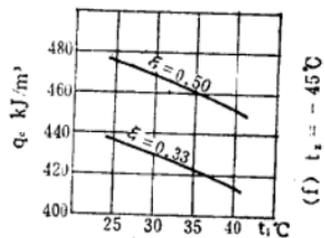
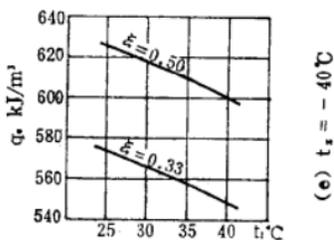
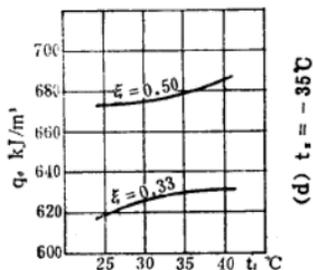
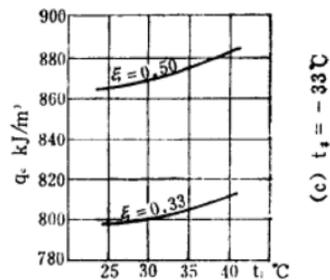
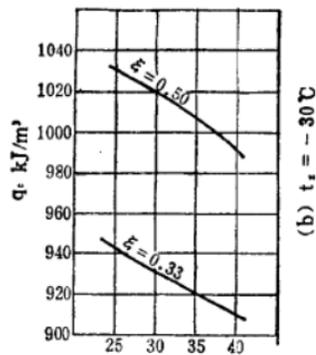
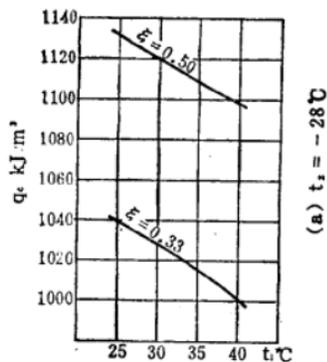


图 4-7 双级压缩机在不同工况下低压级压缩机（或气缸）单位理论排气量的制冷量

P_{gz} ——高压级压缩机轴功率(kW)。

η_q ——驱动效率,直接驱动取1,三角皮带驱动取0.97—0.98。

④电动机功率:

低压级:

$$P_d = n P_{dz} \quad (4-29)$$

高压级:

$$P_g = n P_{gz} \quad (4-30)$$

式中: P_d ——低压级压缩机电动机功率(kW)。

P_g ——高压级压缩机电动机功率(kW)。

n ——选择电动机功率时的附加系数,取1.10—1.15。

(7)双级压缩机在不同工况下,低压级压缩机(或气缸)单位理论排气量的制冷量载于图4-7。

二、凝 凝 器

(一) 凝 凝 器 型 式 的 选 择

凝凝器型式的选择应根据下列原则:

1.立式凝凝器适用于水质较差,水源丰富的地区。

2.卧式凝凝器适用于水温较低,水质较好的地区。

3.淋浇式凝凝器适用于夏季室外空气相对湿度较低,水源不足或水质特别差的地区。

4.蒸发式凝凝器适用于缺乏水源或夏季室外空气相对湿度较低的地区。水质较差时,须进行处理。

当凝凝器采用水冷却塔循环用水时,凝凝器型式的选择不受上述原则的限制。

(二) 凝 凝 器 负 荷 的 计 算

凝凝器负荷应根据所选的压缩机按下列公式计算。

1. 单 级 压 缩 机

$$Q_l = Q_c \xi_l \quad (4-31)$$

式中: Q_l ——冷凝器负荷 (W)。

Q_c ——单级压缩机制冷量 (W)。

ξ_l ——单级压缩机冷凝负荷系数。

按绝热压缩过程计算的氨单级压缩机在不同工况下的冷凝负荷系数见图 4—8。

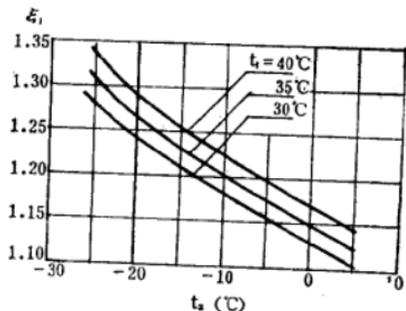


图 4—8 氨单级压缩机冷凝负荷系数

2. 双级压缩机

$$Q_l = G(h_5 - h_6)/3.6 = V_{dp}q_l/3.6 \quad (4-32)$$

式中: Q_l ——双级压缩机冷凝器负荷 (W)。

G ——双级压缩机氨循环量 (kg/h)。

h_5 ——高压级压缩机 (或气缸) 排出的氨气体的比焓 (kJ/kg)。

h_6 ——冷凝温度下氨液的比焓 (kJ/kg)。

V_{dp} ——低压级压缩机 (或气缸) 理论排气量 (m^3/h)。

q_l ——低压级压缩机 (或气缸) 单位理论排气量的冷凝器负荷 (kJ/m^3)。

3.6——千焦耳换算成瓦。

双级压缩机在不同工况下, 低压级压缩机 (或气缸) 单位理论排气量的冷凝器负荷 q_l 值见图 4—9。

(三) 冷凝器面积计算

$$A_l = Q_l/q_A \quad (4-33)$$

式中: A_l ——冷凝器面积 (m^2)。

Q_1 ——冷凝器负荷（包括单级压缩机和双级压缩机）（W）。

q_A ——冷凝器单位面积热负荷（W/m²）。

见表 4—11。

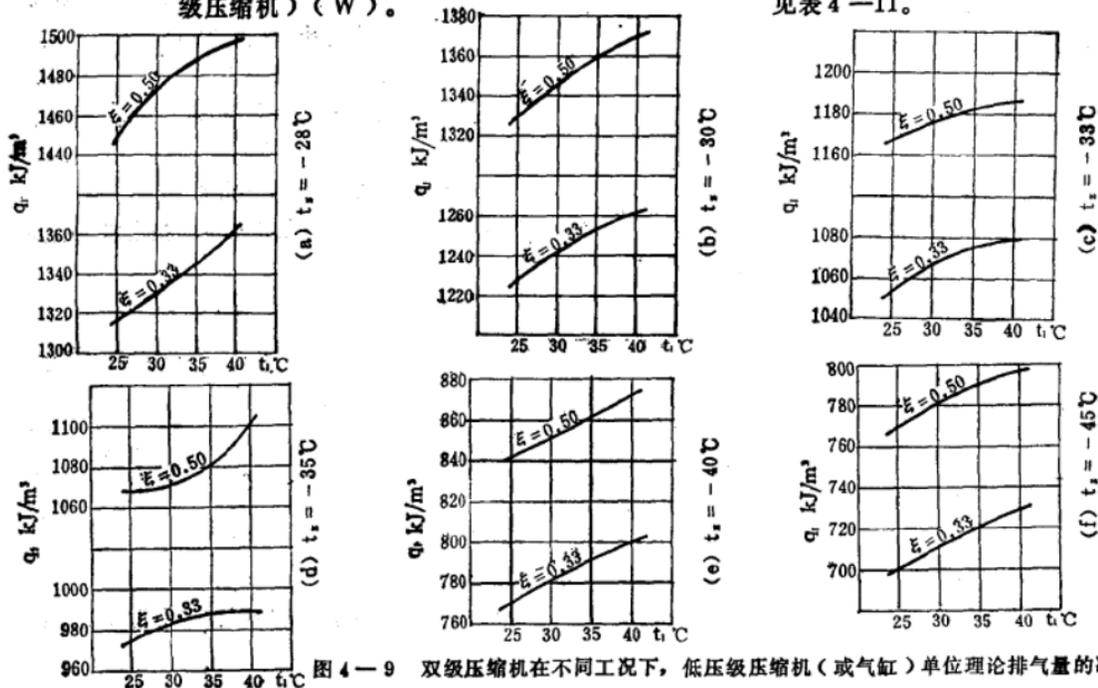


图 4—9 双级压缩机在不同工况下，低压级压缩机（或气缸）单位理论排气量的冷凝负荷

各种型式冷凝器的 q_{Δ} 值

表 4—11

| 序号 | 冷凝器型式 | 推荐的 q_{Δ} 值 W/m^2 | 应用范围 |
|----|--------|----------------------------|------------------------------------|
| 1 | 立式冷凝器 | 2900—3500 | 平均温差 $\Delta_{tm}=4-6^{\circ}C$ |
| 2 | 卧式冷凝器 | 3400—4000 | $\Delta_{tm}=4-6^{\circ}C$ |
| 3 | 淋浇式冷凝器 | 2000—2500 | $\Delta_{tm}=4-6^{\circ}C$ |
| 4 | 蒸发式冷凝器 | 1600—2000 | $\Delta_{tm}=2-3^{\circ}C$ |

(四) 冷却水用量

$$q_v = 3.6Q_l / (1000c_{\Delta}t)$$

(4—34)

或

$$q_v = A_l q_{vm}$$

(4—35)

式中: q_v ——冷却水用量 (m^3/h) Q_l ——冷凝器负荷 (W)。 c ——水的比热容, $c = 4.1868 (kJ/kg \cdot ^{\circ}C)$ 。 Δt ——冷却水进出温差 ($^{\circ}C$)。 A_l ——冷凝器面积 (m^2)。 q_{vm} ——冷凝器单位面积用水量
($m^3/m^2 \cdot h$)。

3.6——瓦换算成千焦耳/时。

冷凝器冷却水进出温差和单位面积用水量见表
4—12。

冷凝器单位面积用水量和进出水温差 表 4—12

| 序号 | 型式 | $q_{vm} (m^3/m^2 \cdot h)$ | Δt $^{\circ}C$ |
|----|--------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 立式冷凝器 | 1.0—1.7 | $\Delta t = 2-3^{\circ}C$ |
| 2 | 卧式冷凝器 | 0.5—0.9 | $\Delta t = 4-6^{\circ}C$ |
| 3 | 淋浇式冷凝器 | 0.8—1.0 | |
| 4 | 蒸发式冷凝器 | 0.15—0.20 | |

淋浇式冷凝器和蒸发式冷凝器采用循环用水。

新鲜水量为：淋浇式冷凝器是冷凝器用水量的10—12%；蒸发式冷凝器是冷凝器用水量的5—10%。

(五) 卧式冷凝器冷却水水程计算

1. 每1水程流通截面积

$$f = q_v / 3600w \quad (4-36)$$

式中： f ——每1水程流通截面积 (m^2)。

q_v ——冷凝器冷却水用量 (m^3/h)。

w ——冷却水流速取 0.8—1.2, (m/s)。

3600——秒换算成小时。

2. 每一管子的流通截面积

$$f' = \pi d^2 / 4 \quad (4-37)$$

式中： f' ——每一管子的流通截面积 (m^2)。

d ——管子内径 (m)。

3. 每一水程的管子数

$$m = f / f' \quad (4-38)$$

式中： m ——每一水程的管子数 (根)。

4. 冷凝器冷却水水程数

$$Z = n / m \quad (4-39)$$

式中： n ——冷凝器管子数 (根)。

(六) 卧式冷凝器阻力计算

$$\Delta p = 9.807 [RZ (l/d) + 1.5(Z+1)] w^2 \rho / 2g \quad (4-40)$$

式中： Δp ——冷凝器阻力损失 (Pa)。

R ——管子摩擦阻力系数，它与管子的污垢和绝对粗糙度有关。

d ——管子内径 (m)。

Z ——水程数。

l ——管板间的距离 (m)。

w ——水的流速 (m/s)。

ρ ——水的密度 (kg/m^3)。

g ——重力加速度 (m/s^2)。

9.807——1平方米公斤力换算成帕。

管子的摩擦阻力系数按下列公式计算

$$R = 1.2 \times 0.11 \sqrt{k} / \sqrt{d} = b / \sqrt{d}$$

式中： k ——管子的绝对粗糙度(mm)(见表4-13)。

b ——系数(见表4-13)。

d ——管子内径(m)， \sqrt{d} 值见表4-14。

(七) 冷却水水温和水质要求

1. 冷却水进水温度，建议在一年中最热的92天中，有60天不高于表4-15中的规定。

2. 冷却水和冲霜水的水质，应符合表4-16的规定。

管子的绝对粗糙度K及系数b值 表4-13

| 管子种类 | k(mm) | b |
|------------------------|-------|-------|
| 生铁管、陶瓷管 | 1.0 | 0.132 |
| 钢管：非腐蚀性的气体及蒸气(水蒸汽、空气) | 0.1 | 0.074 |
| 钢管：非腐蚀性的液体(水、石油、酒精) | 0.3 | 0.098 |
| 钢管：弱腐蚀性的液体(氨、井水) | 0.5 | 0.111 |
| 钢管：强腐蚀性的液体(氯化钠、氯化钙)和气体 | 0.8 | 0.125 |
| 铜管：黄铜管(用于R12、R22) | 0.1 | 0.074 |

管子内径及 \sqrt{d} 值 表4-14

| 管子内径(mm) | 20 | 25 | 32 | 38 |
|------------|------|------|------|------|
| \sqrt{d} | 2.13 | 2.24 | 2.38 | 2.48 |

冷凝器进水温度最高允许值 表 4—15

| 序号 | 冷凝器型式 | 进水温度(℃) |
|----|-------|---------|
| 1 | 立式 | 32 |
| 2 | 卧式 | 29 |
| 3 | 淋浇式 | 32 |

冷却水和冲霜水的水质最大允许含量 表 4—16

| 指 标 | 最大允许含量 | 附 注 |
|----------|-----------|------------------|
| 浑浊度 mg/l | 50—150 | 洪水期允许 100—200 |
| 硫化氢 mg/l | 0.5 | |
| 铁 mg/l | 0.3 | |
| 硫酸钙 mg/l | 1500—2000 | |
| 碳酸盐硬度(度) | 5—10 | |

- 注：(1)表列浑浊度，碳酸盐硬度，其含量较大的用于立式、淋浇式冷凝器，较小的用于卧式、蒸发式冷凝器。
 (2)当水质中的二氧化碳含量较大时，其碳酸盐硬度可按表 4—17 选用。

冷却水在不同的二氧化碳含量下的硬度要求 表 4—17

| 游离的二氧化碳的含量 (mg/l) | 不同水温所允许的碳酸盐硬度(度) | |
|----------------------|------------------|------|
| | 20℃ | 30℃ |
| 10 | 9.1 | 8.3 |
| 20 | 11.5 | 10.4 |
| 30 | 13.2 | 12.0 |
| 40 | 14.5 | 13.2 |
| 50 | 15.6 | 14.2 |
| 60 | 16.6 | 15.1 |
| 80 | 18.3 | 16.6 |
| 100 | 19.7 | 17.9 |

三、蒸发器

(一) 蒸发器面积计算

$$A = Q / (K \Delta t_m) = Q / qA \quad (4-41)$$

式中: A ——蒸发器面积 (m^2)。

Q ——蒸发器负荷 (W)。

K ——蒸发器传热系数 ($W/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)。

Δt_m ——制冷剂 and 载冷剂之间的对数平均温差 ($^\circ\text{C}$)。

q_A ——蒸发器单位面积负荷 (W/m^2)，
(见表 4—18)。

蒸发器传热系数 K 和单位面积负荷 q_A 表 4—18

| 型 式 | 传热系数 KW/ ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) | 单位负荷 q_A (W/m^2) | 推荐的 q_A (W/m^2) | 应用范围 | | |
|----------|--|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------|--------------------------------------|
| | | | | 流 速 (m/s) | | Δt_m ($^\circ\text{C}$) |
| | | | | 水 | 盐水 | |
| 壳管式 (多程) | 405—465 | 2100—2560 | 2300 | 1—2 | 1—1.5 | 4—6 |
| 立管式、V型管式 | 465—580 | 2300—2900 | 2300 | 0.7 | 0.5—0.7 | 4—6 |
| 螺旋管式 | 465—580 | 2300—2900 | 2300 | 1—2 | 1—1.5 | 4—6 |

(二) 盐 水 泵

1. 盐水泵的输液量

$$q_v = 3.6Q / (c\rho\Delta t) \quad (4-42)$$

式中: q_v ——盐水泵输液量 (m^3/h)。

c ——载冷剂的比热容 ($\text{kJ}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)。

ρ ——载冷剂的密度 (kg/m^3)。

Δt ——载冷剂进出温差 ($^\circ\text{C}$)，一般取 2—
3 $^\circ\text{C}$ 。

3.6——瓦换算成千焦耳/时。

2. 盐水泵压头

$$P = n (p_m + p_c^* + p_h) \quad (4-43)$$

式中: p ——盐水泵压头 (Pa)。

p_m ——管道的摩擦阻力 (Pa)。

$\rho\zeta$ ——管件的局部阻力 (Pa)。

ρh ——输液高度的压头损失 (Pa)。

n ——系统的压头附加值, 取1.10—1.15。

(1) 管道的摩擦阻力:

$$p_m = 9.807 f L \rho w^2 / (2 g d) \quad (4-44)$$

式中: f ——管道的摩擦阻力系数 (图4—10)。

L ——管道长度 (m)。

ρ ——载冷剂的密度 (kg/m^3)。

w ——管内载冷剂流速 (m/s)。

g ——重力加速度 (m/s^2)。

d ——管子内径 (m)。

(2) 管件的局部阻力。

管段上的弯头、三通、变径、阀门等管件的局部阻力损失可查表4—19转换成当量长度, 并入管道的长度内, 按摩擦阻力计算。

(3) 输液高度的压力损失:

$$p_h = 9.807 h \rho \quad (4-45)$$

式中: h ——输液高度 (m)。

ρ ——载冷剂密度 (kg/m^3)。

p_h ——输液高度的压力损失 (Pa)。

(三) 搅拌器选择计算

1. 搅拌器流量计算

$$q_v = (bh - f) 3600 w \quad (4-46)$$

式中: q_v ——搅拌器流量 (m^3/h)。

h ——箱底至液面的高度 (m)。

b ——流经蒸发器隔板壁的宽度 (m)。

f ——蒸发器所占的横断面积 (m^2)。

w ——载冷剂流速 (m/s), (见表4—18)。

2. 搅拌器轴功率计算

$$P_z = q_v \Delta p / (\eta 3600 \times 10^3) \quad (4-47)$$

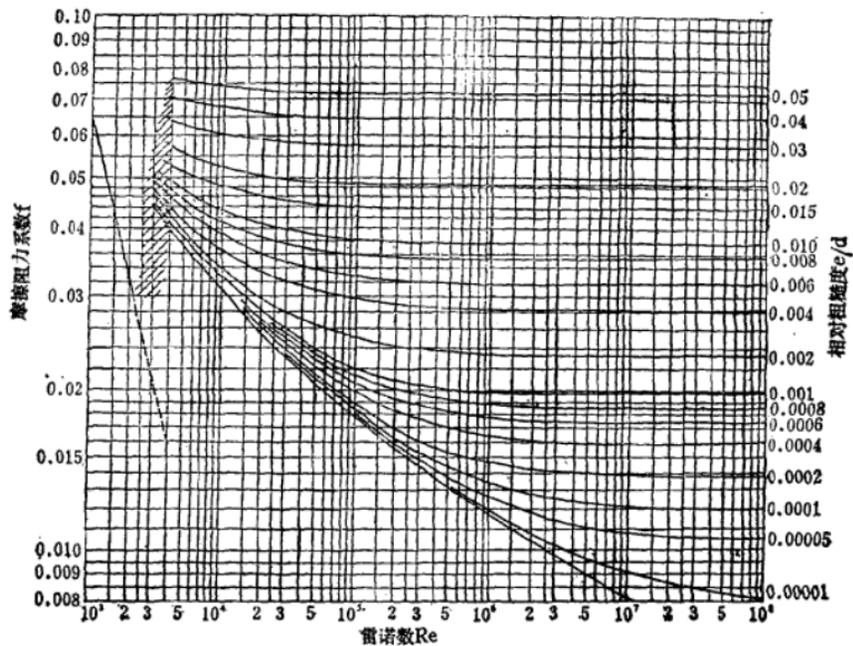
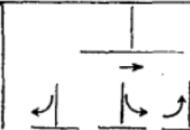
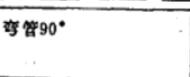


图 4—10 管道摩擦阻力系数

各种阀门和管道附件的当量直径 (l_e/d_i) 表 4—19

| 阀门和管件的名称 | | 当量直径 $\frac{l_e}{d_i}$ |
|----------|---|------------------------|
| 球形阀 (全开) | | 340 |
| 角 阀 (全开) | | 170 |
| 闸门阀 (全开) | | 8 |
| 止回阀 (全开) | | 80 |
| 标准弯头 | 90° | 40 |
| | 45° | 24 |
| 三 通 |  | 20 |
| |  | 60 |
| 弯管90° | $R=1d$ | 20 |
| | $R \geq 1.5d$ | 15 |
| 方形弯90° | | 80 |
| 管径突然扩大 | $\frac{d}{D} = \frac{1}{4}$ | 30 |
| | $\frac{d}{D} = \frac{1}{2}$ | 20 |
| | $\frac{d}{D} = \frac{3}{4}$ | 17 |
| | | |

(续)

| 阀门和管件的名称 | | 当量直径 $\frac{l_e}{d_i}$ |
|----------|-----------------------------|------------------------|
| 管径突然缩小 | $\frac{d}{D} = \frac{1}{4}$ | 15 |
| | $\frac{d}{D} = \frac{1}{2}$ | 11 |
| | $\frac{d}{D} = \frac{3}{4}$ | 7 |

$$\Delta p = 9.807 \times 2 (5.4 + 3.4n)$$

$$R^{-0.228} w^2 \rho / 2g$$

(4—48)

式中: P_z ——搅拌器轴功率 (kW)。 Δp ——流动阻力 (Pa)。 η ——搅拌器效率, 一般采用 0.5—0.6。 n ——流动方向上每列管子的数目。 ρ ——载冷剂密度 (kg/m^3)。 w ——载冷剂流速 (m/s)。 Re ——雷诺系数 $Re = wD/\gamma$ 。 D ——立管式或V型管式蒸发器管子外径 (m)。

γ ——载冷剂的运动粘度系数 (m^2/s)。
 g ——重力加速度 (m/s^2)。

四、其他辅助设备

(一) 贮液器容积计算

$$V_{ZA} = \Sigma G v \varphi / 1000 \beta \quad (4-49)$$

式中： V_{ZA} ——贮液器容积 (m^3)。
 ΣG ——压缩机每小时氨液的总循环量 (kg)。
 φ ——贮液器的容积系数。
 β ——贮液器的氨液充满度，一般宜取 0.7。
 v ——冷凝温度下氨液的比容 ($1/\text{kg}$)。
1000——升换算成立方米。

贮液器的容积系数 φ 按下列规定选用：

1. 冷库公称容积小于或等于 2000m^3 时， $\varphi = 1.2$ 。
2. 冷库公称容积为 $2001-10000\text{m}^3$ 时， $\varphi = 1$ 。
3. 冷库公称容积为 $10001-20000\text{m}^3$ 时， $\varphi = 0.8$ 。
4. 冷库公称容积大于 20000m^3 时， $\varphi = 0.5$ 。

(二) 排液桶容积计算

$$V_p = V_1 \varphi / \beta \quad (4-50)$$

式中： V_p ——排液桶容积 (m^3)。
 V_1 ——冷却设备容积最大的一间冷间内蒸发器的总容积 (m^3)。
 φ ——冷却设备的注氨量的百分数，见表 5-18。
 β ——排液桶氨液充满度，一般宜取 0.7。

(三) 油分离器直径计算

$$d = \sqrt{\frac{4 \lambda V}{3600 \pi w}} = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda V}{w}}$$

(4-51)

式中: d ——油分离器的直径 (m)。

λ ——氨压缩机的输气系数 (双级压缩机时取高压级的输气系数), 见表 4-7。

V ——氨压缩机的理论吸气量 (双级压缩机时取高压级的吸气量) (m^3/h)。

w ——油分离器内气体流速, 填料式油分离器宜采用 $0.3-0.5 \text{m/s}$, 其它型式油分离器宜采用不大于 0.8m/s 。

(四) 中间冷却器的选择

带蛇形管的中间冷却器应根据其直径和蛇形管冷却面积的计算确定。

1. 中间冷却器直径的计算

$$d = \sqrt{\frac{4 \lambda V}{3600 \pi w}} = 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda V}{w}}$$

(4-52)

式中: d ——中间冷却器的直径 (m)。

λ ——氨压缩机高压级的输气系数, 见表 4-7。

V ——氨压缩机高压级的理论吸气量 (m^3/h)。

w ——中间冷却器内的气体流速, 一般宜取 0.5m/s 。

2. 中间冷却器蛇形管冷却面积按下列公式计算。

$$A = Q_{Zj} / (K \cdot \Delta t_m) \quad (4-53)$$

式中: A ——中间冷却器蛇形管的冷却面积(m^2)。

Q_{Zj} ——中间冷却器蛇形管的热负荷(W)。

K ——中间冷却器蛇形管的传热系数, 应按产品规定取值, 如无资料时, 一般宜采用465—580($W/m^2 \cdot ^\circ C$)。

Δt_m ——对数平均温差($^\circ C$)。

$$\Delta t_m = \frac{t_l - t}{2.31g \frac{t_l - t_{Zj}}{t - t_{Zj}}}$$

t_l ——冷凝温度($^\circ C$)。

t_{Zj} ——中间冷却温度($^\circ C$)。

t ——中间冷却器蛇形管的出液温度, 应比中间冷却温度高5 $^\circ C$ 。

(五) 低压循环桶的选择

低压循环桶应根据其直径和容积的计算进行选择。

1. 低压循环桶直径的计算

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{4V\lambda}{3600\pi w\xi n}} \\ &= 0.0188 \sqrt{\frac{\lambda V}{w\xi n}} \end{aligned} \quad (4-54)$$

式中: d ——低压循环桶的直径(m)。

λ ——氨压缩机的输气系数(当双级压缩机时取低压级的输气系数), 见表4—8。

w ——低压循环桶内气体流速, 立式低压循环桶采用0.5 m/s , 卧式低压循环桶采用0.8 m/s 。

ξ ——低压循环桶截面积系数，立式低压循环桶采用 1，卧式低压循环桶采用 0.3。

V ——氮压缩机理论吸气量（当双级压缩机时为低压级理论吸气量）（ m^3/h ）。

n ——低压循环桶气体进气口的个数。

2. 低压循环桶容积的计算

(1) 上进下出式供液系统：

$$V_d = (\theta_q V_q + 0.6 V_h) / 0.5 \quad (4-55)$$

式中： V_d ——低压循环桶的容积（ m^3 ）。

θ_q ——冷却设备设计注氮量容积的百分数，见表 5—18。

V_q ——冷却设备的容积（ m^3 ）。

V_h ——回气管容积（ m^3 ）。

(2) 下进上出式供液系统：

$$V_d = (0.2 V'_q + 0.6 V_h + \tau_b q_{vp}) / 0.7 \quad (4-56)$$

式中： V'_q ——各冷间中，冷却设备注氮量最大一间蒸发器总容积（ m^3 ）。

—— q_{vp} 台 V ——氮泵的流量（ m^3/h ）。

τ_b ——氮泵由启动到液体自系统返回低压循环桶的时间，一般采用 0.15—0.2h。

(3) 当多层冷库的底层采用下进上出式供液系统，其余各层采用上进下出式供液系统时，可按下式计算：

$$V_d = (\theta_q V_q + 0.2 V'_q + 0.6 V_h) / 0.5 \quad (4-57)$$

式中： V'_q ——下进上出式供液系统冷却设备注氮量最大一间蒸发器总容积（ m^3 ）。

θ_q ——冷却设备设计注氮量容积的百分数，见表 5—18。

V_q ——冷却设备的容积，（ m^3 ）。

V_h ——回气管容积（ m^3 ）。

(六) 氨液分离器直径的计算

1. 机房氨液分离器, 每一个蒸发系统设一台氨液分离器, 其直径计算为:

$$d = \sqrt{\frac{4 \lambda V}{3600 \pi w}} = \sqrt{\frac{4 \lambda V}{3600 \times 0.5 \pi}}$$
$$= 0.0266 \sqrt{\lambda V}$$

(4-58)

式中: d ——氨液分离器直径 (m)。

V ——氨压缩机理论的气量 (m^3)。

λ ——氨压缩机输气系数, 见表 4-8。

w ——氨液分离器内气体流速, 一般采用 0.5m/s 。

2. 库房氨液分离器

$$d = \sqrt{\frac{4 q_m V}{3600 w \pi}} = \sqrt{\frac{4 q_m V}{3600 \times 0.5}}$$

• 272 •

$$= 0.0266 \sqrt{q_m V}$$

(4-59)

式中: d ——氨液分离器直径 (m)。

q_m ——通过氨液分离器的氨液量 (kg/h)。

V ——蒸发压力下氨饱和蒸气的比容 (m^3/kg)。

w ——氨液分离器内气体流速, 一般采用 0.5m/s 。

(七) 低压贮液器的选择

低压贮液器用于重力供液系统, 它接受机房氨液分离器下来的液体, 并由此经加压将氨液重新供入系统中。因此低压贮液器的容积不宜过大, 一般为 $0.25-1.0 \text{m}^3$ 。低压贮液器的数量, 每一个蒸发系统设一台或几个蒸发系统合用一台, 也可与排液桶合用。

(八) 氨泵的选择

1. 氨泵的流量

$$q_{vp} = nqm_v \quad (4-60)$$

式中： q_{vp} ——氨泵流量 (m^3/h)。

qm ——氨泵所供同一蒸发温度的氨液蒸发量 (kg/h)。

v ——蒸发温度下氨饱和气体的比容 (m^3/kg)。

n ——流量系数。对负荷较稳定、蒸发器组(台)数较少、不易积油的蒸发器的下进上出供液系统,采用3—4倍;对负荷有波动、蒸发器组(台)数较多、容易积油的蒸发器的下进上出供液系统,采用5—6倍;上进下出供液系统,采用7—8倍。

2. 氨泵的输出压头 系统内压力的高低,对管道上压力损失的计算是一样的。如在一个系统

内,连接不同压力的蒸发器时,该氨泵压头应按蒸发压力较高的蒸发器计算。它必须克服下列的压头损失。

(1) 氨泵出口至蒸发器进液口的全部阻力损失,包括阀门和管件等局部阻力。

(2) 氨泵中心至最高的蒸发器进液口的液柱。

(3) 蒸发器节流阀前应维持100kPa的自由压头,以调节各蒸发器的流量。

3. 氨泵的吸入压头 任何型式的氨泵都没有吸入压头,因此,泵的吸入口必须保持足够的静液柱,称为净正吸入压头,以保证氨泵的正常供液。

净正吸入压头是氨泵性能参数中的一个很重要的数据,因此,该数据应由制造厂提供。在制冷系统设计中,为了保证氨泵吸入口有足够的净正吸入压头,以克服泵的入口处因加速度和涡流现象所引起的压力损失,通常的作法是使低压循环桶的正常液位与氨泵中心之间保持一定的高度,该高度内形

成的液柱静压，扣除氨泵吸入管段的全部阻力损失（包括阀门和管件的局部阻力），尚应大于氨泵所需的净正吸入压头，即：

$$9.807H\rho - \Delta p > NPSH$$

或

$$9.807H\rho - \Delta p = 1.3NPSH$$

(4-61)

式中： $NPSH$ ——氨泵的净正吸入压头（Pa）。

H ——低压循环桶正常液位至氨泵中心的高度（m）。

ρ ——蒸发压力下饱和氨液的密度（ kg/m^3 ）。

Δp ——氨泵吸入管段的全部阻力损失（Pa）。

1.3——安全系数。

（九）空气分离器的选择

不论氨压缩机台数多少，每个机房只需装设一台空气分离器。空气分离器宜选用立式自动型空气分离器。

（十）集油器的选择

压缩机在标准工况下总制冷量在200kW以下时，选用桶身直径219mm集油器一台。总制冷量大于200kW时，宜选用桶身直径325mm集油器两台，使系统中的高压、中压容器与低压容器分开放油。

(十一) 盐水膨胀箱容积计算

$$V = V_1 \Delta t \nu \quad (4-62)$$

式中: V ——盐水膨胀箱的最小容积 (m^3)。

氯化钠和氯化钙水溶液的体(膨)胀系数与温度的关系
表 4—20

| 浓度 ξ (%) | t ($^{\circ}C$) | | | | | |
|-------------------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | -30 | -20 | -10 | 0 | 10 | 20 |
| NaCl | | | | | | |
| 10 | — | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 1.9 |
| 15 | — | 2.6 | 2.7 | 2.7 | 2.8 | 2.8 |
| 20 | — | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 4.0 | 4.5 |
| 23 | — | 3.0 | 3.4 | 3.8 | 4.2 | 4.7 |
| CaCl ₂ | | | | | | |
| 15 | 0.8 | 1.3 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 3.4 |
| 20 | 2.1 | 2.4 | 2.8 | 3.2 | 3.5 | 3.9 |
| 25 | 3.1 | 3.3 | 3.5 | 3.7 | 3.9 | 4.1 |
| 30 | 3.9 | 4.0 | 4.0 | 4.1 | 4.2 | 4.3 |

V_1 ——系统充满盐水的总容积 (m^3)。

ν ——盐水的体(膨)胀系数 ($1/^{\circ}C$)，见表 4—20。

Δt ——工作条件下，盐水的最大温度变化差值 ($^{\circ}C$)。

实际选用的膨胀箱容积应比计算的大 20—100%。

五、冷间冷却设备

(一) 一般原则

1. 冷间冷却设备可按下列规定选用

(1) 冷却间、冻结间和冷却物冷藏间的冷却设备应采用冷风机。

(2) 冻结盘装、箱装或罐装食品时，可采用吹风式搁架排管或平板冻结器等冻结设备；冻结颗粒食品时，可采用流态床速冻装置。

(3) 冻结物冷藏间冷却设备宜选用顶排管、墙排管。当食品有良好的包装时,可采用冷风机。

(4) 包装间的冷却设备,当室温低于 -5°C 时应选用排管,当室温高于 -5°C 时宜选用冷风机。

(5) 储冰间宜采用顶排管。

2. 顶排管、墙排管、搁架排管均采用光滑管制成。冷风机采用翅片管制成。

3. 直接蒸发系统中若采用高度较大的墙排管,排管中制冷剂的蒸发温度将因液柱作用,随高度产生差异,在低温时尤为突出,见表4—21。设计时应尽量压缩排管高度。

4. 光滑顶排管吊点间距及吊架的水平角钢规格的计算

(1) 光滑顶排管用吊点间距见表4—22。

液面下1米处蒸发温度升高情况 表4—21

| 制冷剂名称 | 液面上的蒸发温度($^{\circ}\text{C}$) | | | | | | |
|-------|--------------------------------|------|-----|-----|-----|------|------|
| | 10 | -10 | -30 | -50 | -60 | -70 | -80 |
| 氨 | 0.3 | 0.4 | 1.1 | 2.6 | 4.5 | 6.6 | — |
| R22 | 0.55 | 0.95 | 1.8 | 4.0 | 5.8 | 8.7 | 13.0 |
| R12 | 1.1 | 1.7 | 3.3 | 6.5 | 9.3 | 13.5 | — |

光滑顶排管用吊点间距表 表4—22

| 光滑顶排管规格 | 最大的允许吊距a (m) | 正常的吊点间距0.8a (m) | 计算采取的单位长度顶排管总重量(包括1厘米霜层及100%注氨量)(kg/m) | 计算依据 |
|------------------|--------------|-----------------|--|--|
| D32 \times 2.2 | 3.85 | 3.10 | 2.4 | 挠度相对值 $\Delta = \frac{y}{l} \leq \frac{1}{350}$ |
| D38 \times 2.2 | 4.35 | 3.50 | 3.1 | $y = \frac{17wl^3}{1920EJ}$ |

(2) 光滑顶排管吊架的水平角钢规格计算:
吊架的水平角钢应同时满足挠度和强度的要求:
挠度按下式计算:

$$\Delta = y/l \leq 1/300$$

$$y = 5ql^4/384EJ$$

强度按下式计算:

$$\sigma = M/W < 137300 \times 10^3 N/m^2$$

$$M = ql^2/8$$

$$W = J/Z$$

部分顶排管用的水平角钢见图4-11、4-12、4-13。

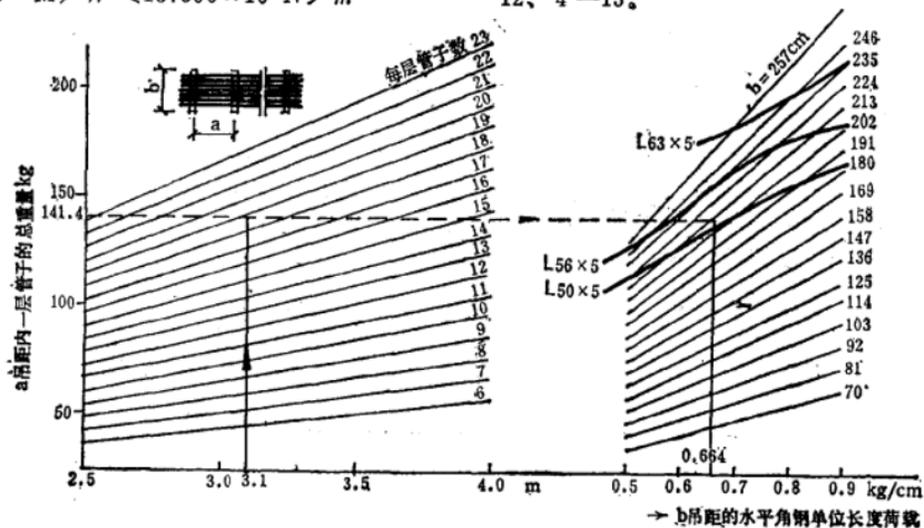


图4-11 D32 x 2.0光滑顶管吊架的水平角钢规格选用图

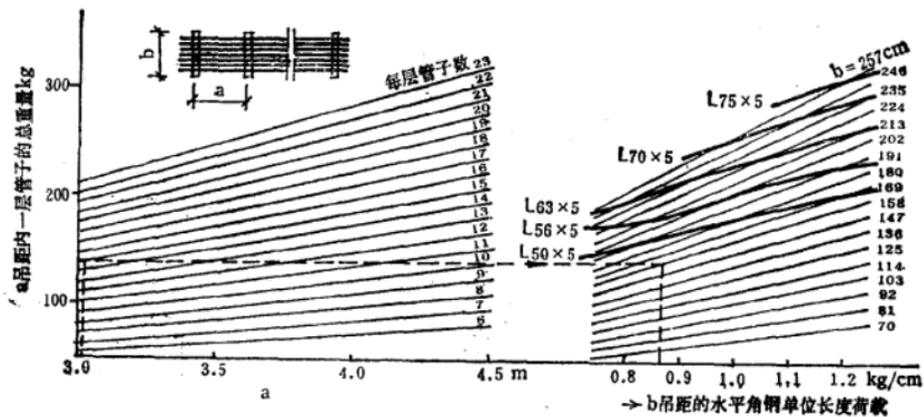


图 4—12 D38×2.2光滑顶管吊架的水平角钢规格选用图

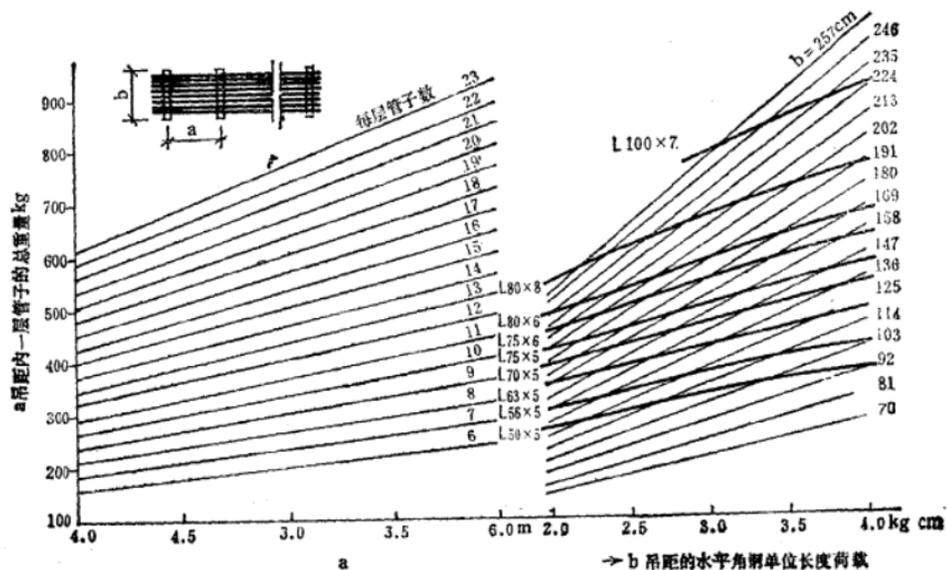


图 4—13 D57×3.5光滑顶管吊架的水平角钢规格选用图

(二) 顶排管和墙排管

1. 顶、墙排管面积的计算

$$A = Q_q / (K \Delta t) \quad (4-63)$$

式中: A ——顶、墙排管冷却面积 (m^2)。

Q_q ——冷间冷却设备负荷 (W)。

K ——顶、墙排管传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$)。

Δt ——冷间空气温度与制冷剂蒸发温度之差 (C)，一般采用 10C 。

2. 顶、墙排管K值计算

$$K = (\alpha_f + \alpha_d \xi) \varepsilon \quad (4-64)$$

式中: K ——顶、墙排管传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$)。

α_f ——辐射传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$)。

α_d ——对流传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$)。

ε ——考虑管子内壁污垢和霜层的系数，

$$\varepsilon = 0.8 - 0.9$$

ξ ——析湿系数。

(1) 辐射传热系数

$$\alpha_f = C_0 \varphi B \quad (4-65)$$

式中: C_0 ——结霜管子的表面辐射系数。

$$C_0 = 5.687 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C})。$$

φ ——排管辐射表面与传热总表面之比，如

单排排管的中心距为 110mm 时， $\varphi =$

0.82 ；双排排管 $\varphi = 0.52$ 。

B ——温度系数。

$$B = [(T/100)^4 - (T_z/100)^4] / (T - T_z)$$

式中: T ——冷间空气温度 (K)。

T_z ——制冷剂的蒸发温度 (K)。

(2) 对流传热系数 α_d :

$$\begin{aligned} \alpha_d &= 0.54 (G_r P_r)^{0.25} \lambda / D \\ &= 1.384 [(t - t_z) / D]^{0.25} \end{aligned} \quad (4-66)$$

式中: α_d ——对流传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$)。

G_r ——格拉晓夫准数。

P_r ——普朗特准数。

λ ——空气的导热系数 $W/(m \cdot ^\circ C)$ 。

D ——管子外径 (m)。

t ——库房温度 ($^\circ C$)。

t_z ——制冷剂蒸发温度 ($^\circ C$)。

(3) 折湿系数 (ξ):

①冷间温度高于 $0^\circ C$ 时:

$$\xi = 1 + 2480 (d - d') / (t - t_z) \quad (4-67)$$

②冷间温度低于 $0^\circ C$ 时:

$$\xi = 1 + 2880 (d - d') / (t - t_z) \quad (4-68)$$

式中: d' ——管壁表面温度 (即 t_z) 时空气的饱和含湿量 (g/kg)。

d ——冷间或设备内空气的含湿量 (g/kg)。

t ——冷间或设备内空气的温度 ($^\circ C$)。

为了简化计算, 顶、墙排管的 K 值可根据实验

测定数据来计算。

$$K = K' C_1 C_2 C_3 \quad (4-69)$$

式中: K ——排管在设计条件下的传热系数 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)。

K' ——排管在特定条件下的传热系数, 见表 4-23、4-24、4-25。

C_1 ——构造换算系数, 为管子间距 s 与管子外径 D 之比, 按表 4-26 采用。

C_2 ——管径换算系数, 按表 4-26 采用。

C_3 ——供液方式换算系数。按表 4-26 采用。

氟光滑U形顶排管和氟双层光滑蛇形顶排管

的 K' 值 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

表 4—23

| 冷间空气温度 ($^\circ C$) | 计算温度差 Δt ($^\circ C$) | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 |
| 0 | 8.14 | 8.61 | 8.96 | 9.19 | 9.42 |
| -4 | 7.79 | 8.02 | 8.26 | 8.49 | 8.72 |
| -10 | 7.09 | 7.44 | 7.68 | 7.91 | 8.02 |
| -12 | 6.86 | 7.21 | 7.44 | 7.68 | 7.91 |
| -15 | 6.63 | 6.98 | 7.21 | 7.44 | 7.68 |
| -18 | 6.40 | 6.75 | 6.98 | 7.21 | 7.44 |
| -20 | 6.28 | 6.63 | 6.86 | 7.09 | 7.33 |
| -23 | 6.16 | 6.40 | 6.63 | 6.86 | 7.09 |
| -25 | 6.05 | 6.28 | 6.51 | 6.75 | 6.98 |
| -30 | 5.82 | 6.16 | 6.40 | 6.51 | 6.75 |

注：表列数值为外径38mm光滑管，管间距与管外径之比为4，冷间相对湿度为90%，霜层厚度为6mm时的传热系数。

氟单层光滑蛇形顶排管的 K' 值 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 表 4—24

| 冷间空气温度 ($^\circ C$) | 计算温度差 Δt ($^\circ C$) | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 |
| 0 | 8.60 | 9.07 | 9.42 | 9.65 | 9.88 |
| -4 | 8.14 | 8.49 | 8.72 | 8.96 | 9.19 |
| -10 | 7.44 | 7.79 | 8.02 | 8.26 | 8.49 |
| -12 | 7.21 | 7.56 | 7.79 | 8.02 | 8.26 |
| -15 | 6.98 | 7.33 | 7.56 | 7.79 | 8.02 |
| -18 | 6.75 | 7.09 | 7.33 | 7.56 | 7.79 |
| -20 | 6.63 | 6.98 | 7.21 | 7.44 | 7.68 |
| -23 | 6.51 | 6.74 | 6.98 | 7.21 | 7.44 |
| -25 | 6.40 | 6.63 | 6.86 | 7.09 | 7.32 |
| -30 | 6.16 | 6.51 | 6.74 | 6.86 | 7.09 |

注：表列数值为外径38mm光滑管，管间距与管外径之比为4，冷间相对湿度为90%，霜层厚度为6mm时的传热系数。

氟单排光滑蛇形墙排管的传热系数K'值W/(m²·℃)

表4-25

| 高度方向 上的横管 数(根) | 计算温度 差Δt (℃) | 冷间空气温度(℃) | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | -4 | -10 | -12 | -15 | -18 | -20 | -23 | -25 | -30 |
| 4 | 6 | 8.84 | 8.02 | 7.68 | 7.44 | 7.21 | 6.98 | 6.86 | 6.63 | 6.51 | 6.28 |
| | 8 | 9.30 | 8.72 | 8.02 | 7.79 | 7.56 | 7.33 | 7.21 | 6.98 | 6.86 | 6.63 |
| | 10 | 9.65 | 8.96 | 8.26 | 8.02 | 7.79 | 7.56 | 7.44 | 7.21 | 7.09 | 6.86 |
| | 12 | 9.89 | 9.19 | 8.49 | 8.26 | 7.91 | 7.68 | 7.56 | 7.44 | 7.33 | 7.09 |
| | 15 | 10.12 | 9.42 | 8.61 | 8.49 | 8.14 | 7.91 | 7.79 | 7.68 | 7.56 | 7.33 |
| 6 | 6 | 9.19 | 8.49 | 7.79 | 7.68 | 7.44 | 7.09 | 6.98 | 6.86 | 6.75 | 6.51 |
| | 8 | 9.54 | 8.96 | 8.14 | 8.02 | 7.68 | 7.44 | 7.33 | 7.21 | 7.09 | 6.86 |
| | 10 | 9.89 | 9.19 | 8.49 | 8.26 | 7.91 | 7.68 | 7.56 | 7.44 | 7.33 | 7.09 |
| | 12 | 10.12 | 9.42 | 8.61 | 8.49 | 8.14 | 7.91 | 7.79 | 7.56 | 7.44 | 7.21 |
| | 15 | 10.35 | 9.65 | 8.84 | 8.61 | 8.37 | 8.14 | 8.02 | 7.79 | 7.68 | 7.44 |
| 8 | 6 | 9.42 | 8.84 | 8.14 | 7.91 | 7.68 | 7.44 | 7.33 | 7.09 | 6.98 | 6.75 |
| | 8 | 9.89 | 9.30 | 8.49 | 8.26 | 8.02 | 7.79 | 7.56 | 7.44 | 7.33 | 7.09 |
| | 10 | 10.23 | 9.54 | 8.72 | 8.49 | 8.26 | 8.02 | 7.79 | 7.68 | 7.56 | 7.33 |
| | 12 | 10.47 | 9.77 | 8.96 | 8.72 | 8.37 | 8.14 | 8.02 | 7.79 | 7.68 | 7.44 |
| | 15 | 10.58 | 10.00 | 9.19 | 8.96 | 8.61 | 8.37 | 8.26 | 8.02 | 7.91 | 7.68 |

(续)

| 高度方向 上的横管 数(根) | 计算温度 差 Δt ($^{\circ}\text{C}$) | 冷间空气温度($^{\circ}\text{C}$) | | | | | | | | | |
|----------------------|--|------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | -4 | -10 | -12 | -15 | -18 | -20 | -23 | -25 | -30 |
| 10 | 6 | 10.00 | 9.42 | 8.61 | 8.37 | 8.02 | 7.91 | 7.68 | 7.56 | 7.44 | 7.09 |
| | 8 | 10.47 | 9.77 | 8.96 | 8.72 | 8.37 | 8.14 | 8.02 | 7.79 | 7.68 | 7.44 |
| | 10 | 10.82 | 10.00 | 9.19 | 8.96 | 8.61 | 8.37 | 8.26 | 8.02 | 7.91 | 7.68 |
| | 12 | 10.93 | 10.23 | 9.42 | 9.19 | 8.84 | 8.61 | 8.49 | 8.26 | 8.14 | 7.91 |
| | 15 | 11.16 | 10.47 | 9.54 | 9.42 | 9.07 | 8.84 | 8.61 | 8.49 | 8.37 | 8.14 |
| 12 | 6 | 10.70 | 10.00 | 9.19 | 8.96 | 8.61 | 8.37 | 8.26 | 8.02 | 7.91 | 7.56 |
| | 8 | 11.16 | 10.35 | 9.54 | 9.30 | 8.96 | 8.72 | 8.49 | 8.26 | 8.14 | 7.91 |
| | 10 | 11.40 | 10.70 | 9.77 | 9.54 | 9.19 | 8.96 | 8.72 | 8.49 | 8.37 | 8.14 |
| | 12 | 11.63 | 10.82 | 9.89 | 9.65 | 9.42 | 9.07 | 8.96 | 8.72 | 8.61 | 8.37 |
| | 15 | 11.75 | 11.05 | 10.12 | 9.89 | 9.54 | 9.30 | 9.19 | 8.96 | 8.84 | 8.61 |
| 14 | 6 | 11.28 | 10.58 | 9.65 | 9.42 | 9.19 | 8.84 | 8.72 | 8.49 | 8.37 | 8.14 |
| | 8 | 11.75 | 10.93 | 10.00 | 9.77 | 9.42 | 9.19 | 8.96 | 8.84 | 8.61 | 8.37 |
| | 10 | 12.10 | 11.28 | 10.35 | 10.00 | 9.65 | 9.42 | 9.19 | 9.07 | 8.84 | 8.61 |
| | 12 | 12.21 | 11.40 | 10.47 | 10.23 | 9.89 | 9.54 | 9.42 | 9.19 | 9.07 | 8.84 |
| | 15 | 12.44 | 11.63 | 10.70 | 10.47 | 10.12 | 9.77 | 9.65 | 9.42 | 9.30 | 9.07 |

(续)

| 高度方向 上的横管 数(根) | 计算温度 差 Δt ($^{\circ}\text{C}$) | 冷间空气温度($^{\circ}\text{C}$) | | | | | | | | | |
|----------------------|--|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | -4 | -10 | -12 | -15 | -18 | -20 | -23 | -25 | -30 |
| 16 | 6 | 12.10 | 11.28 | 10.35 | 10.12 | 9.77 | 9.42 | 9.30 | 9.07 | 8.96 | 8.61 |
| | 8 | 12.56 | 11.75 | 10.70 | 10.47 | 10.12 | 9.77 | 9.54 | 9.30 | 9.19 | 8.96 |
| | 10 | 12.79 | 11.98 | 10.93 | 10.70 | 10.35 | 10.00 | 9.77 | 9.54 | 9.42 | 9.19 |
| | 12 | 13.03 | 12.10 | 11.16 | 10.82 | 10.47 | 10.12 | 10.00 | 9.77 | 9.65 | 9.30 |
| | 15 | 13.14 | 12.33 | 11.28 | 11.05 | 10.70 | 10.35 | 10.23 | 10.00 | 9.89 | 9.54 |
| 18 | 6 | 12.91 | 12.10 | 11.05 | 10.70 | 10.47 | 10.12 | 9.89 | 9.65 | 9.54 | 9.30 |
| | 8 | 13.37 | 12.44 | 11.40 | 11.16 | 10.82 | 10.47 | 10.23 | 10.00 | 9.89 | 9.54 |
| | 10 | 13.72 | 12.79 | 11.63 | 11.40 | 11.05 | 10.70 | 10.47 | 10.23 | 10.12 | 9.77 |
| | 12 | 13.84 | 12.91 | 11.86 | 11.51 | 11.16 | 10.82 | 10.70 | 10.35 | 10.23 | 10.00 |
| | 15 | 14.07 | 13.08 | 11.98 | 11.75 | 11.40 | 11.05 | 10.82 | 10.58 | 10.47 | 10.23 |
| 20 | 6 | 13.84 | 12.91 | 11.75 | 11.51 | 11.16 | 10.70 | 10.58 | 10.35 | 10.23 | 9.77 |
| | 8 | 14.30 | 13.26 | 12.21 | 11.86 | 11.40 | 11.16 | 10.93 | 10.70 | 10.47 | 10.12 |
| | 10 | 14.54 | 13.61 | 12.44 | 12.10 | 11.63 | 11.28 | 11.16 | 10.82 | 10.70 | 10.35 |
| | 12 | 14.77 | 13.72 | 12.56 | 12.21 | 11.86 | 11.51 | 11.28 | 11.05 | 10.93 | 10.58 |
| | 15 | 14.89 | 13.84 | 12.79 | 12.44 | 12.10 | 11.75 | 11.51 | 11.28 | 11.16 | 10.82 |

注: 表列数值为外径38mm光滑管, 管间距与管外径之比为4, 冷间相对湿度为90%, 霜层厚度为6mm时的传热系数。

各型排管换算系数表

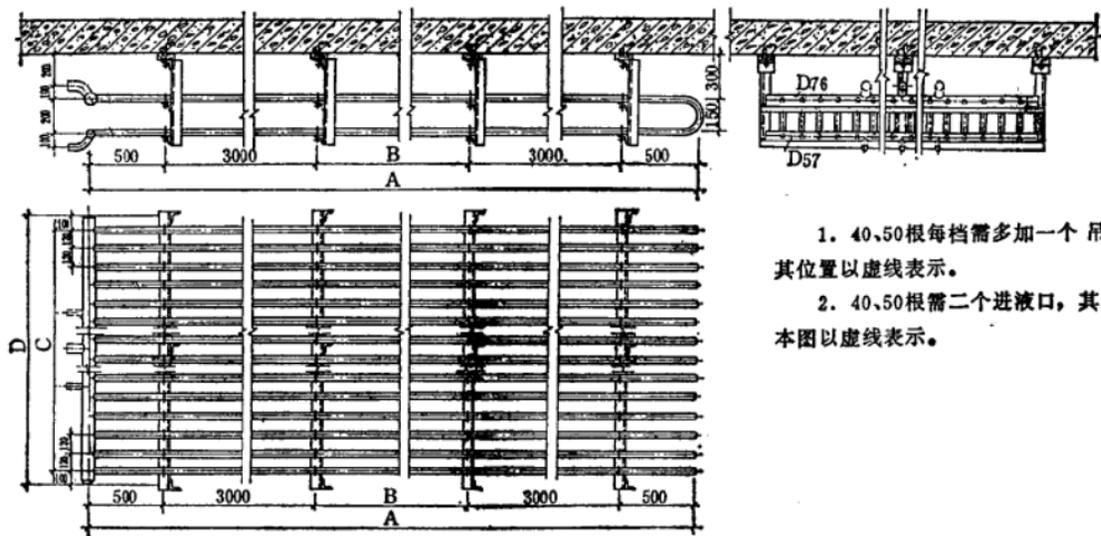
表 4—26

| 排管形式 | C ₁ | | C ₂ | C ₃ | |
|-----------|----------------|---------|--------------------|----------------|--------|
| | S/D = 4 | S/D = 2 | | 非氨泵供液 | 氨泵强制供液 |
| 光滑U形顶排管 | 1.0 | 1.0000 | $(0.038/D)^{0.18}$ | 1.0 | 1.0 |
| 单层光滑蛇形顶排管 | 1.0 | 0.9750 | $(0.038/D)^{0.18}$ | 1.0 | 1.1 |
| 双层光滑蛇形顶排管 | 1.0 | 1.0000 | $(0.038/D)^{0.18}$ | 1.0 | 1.1 |
| 单排光滑蛇形墙排管 | 1.0 | 0.9873 | $(0.038/D)^{0.18}$ | 1.0 | 1.1 |

3. 部分顶、墙排管规格尺寸

和表 4—27。

(1) 光滑U形直式顶排管 见书后图 4—14



1. 40、50根每档需多加一个吊点，其位置以虚线表示。
2. 40、50根需二个进液口，其位置本图以虚线表示。

图 4—14 光滑U形直式顶排管

注：排管管径D38，液体集管D57，气体集管D76，角钢L50×5

光滑U形直式顶排管规格

表 4—27

| A (m) | 总根数 | B (m) | D (m) | C (m) | 角钢挡数 | 冷却面积 (m ²) | 灌氮量 (kg) | A (m) | 总根数 | B (m) | D (m) | C (m) | 角钢挡数 | 冷却面积 (m ²) | 灌氮量 (kg) |
|----------|-----|----------|----------|----------|------|---------------------------|-------------|----------|-----|----------|----------|----------|------|---------------------------|-------------|
| 4 | 20 | -3.00 | 1.28 | 1.08 | 2 | 9.7 | 23.2 | 13 | 20 | 2×3.00 | 1.28 | 1.08 | 5 | 31.4 | 75.4 |
| | 30 | -3.00 | 1.88 | 1.68 | 2 | 14.6 | 35 | | 30 | 2×3.00 | 1.88 | 1.68 | 5 | 47.2 | 113 |
| | 40 | -3.00 | 2.48 | 2.28 | 2 | 19.4 | 46.5 | | 40 | 2×3.00 | 2.48 | 2.28 | 5 | 62.9 | 151 |
| | 50 | -3.00 | 3.08 | 2.88 | 2 | 24.5 | 58.3 | | 50 | 2×3.00 | 3.08 | 2.88 | 5 | 78.7 | 188.7 |
| 7 | 20 | 0 | 1.28 | 1.08 | 3 | 17 | 40.8 | 16 | 20 | 3×3.00 | 1.28 | 1.08 | 6 | 38.6 | 92.5 |
| | 30 | 0 | 1.88 | 1.68 | 3 | 25.5 | 61.3 | | 30 | 3×3.00 | 1.88 | 1.68 | 6 | 58 | 139 |
| | 40 | 0 | 2.48 | 2.28 | 3 | 34 | 81.5 | | 40 | 3×3.00 | 2.48 | 2.28 | 6 | 77.2 | 185 |
| | 50 | 0 | 3.08 | 2.88 | 3 | 42.6 | 102 | | 50 | 3×3.00 | 3.08 | 2.88 | 6 | 96.5 | 231.8 |
| 10 | 20 | 3.00 | 1.28 | 1.08 | 4 | 24.3 | 58.3 | 19 | 20 | 4×3.00 | 1.28 | 1.08 | 7 | 45.7 | 109.5 |
| | 30 | 3.00 | 1.88 | 1.68 | 4 | 36.5 | 83.5 | | 30 | 4×3.00 | 1.88 | 1.68 | 7 | 68.6 | 164.5 |
| | 40 | 3.00 | 2.48 | 2.28 | 4 | 48.6 | 116.6 | | 40 | 4×3.00 | 2.48 | 2.28 | 7 | 91.5 | 219.5 |
| | 50 | 3.00 | 3.08 | 2.88 | 4 | 60.8 | 146 | | 50 | 4×3.00 | 3.08 | 2.88 | 7 | 114.3 | 274 |

注：灌氮量按50%计算。

(2) 光滑U形斜式顶排管 见图4—15、4—16和表4—28、4—29。

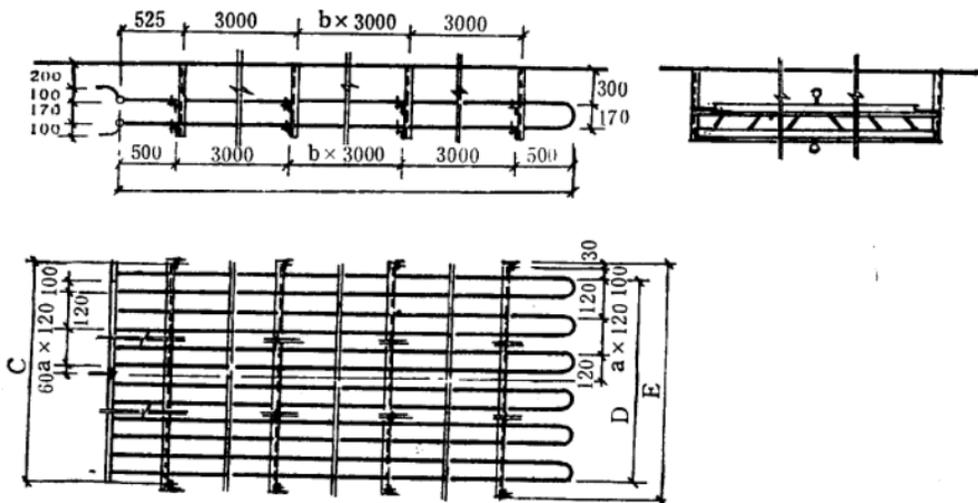


图4—15 光滑U形斜式顶排管(I)

注: 排管管径D38, 液体集管D57, 气体集管D76, 角钢L50×5
(总根数32根, 36根, 水平角钢C63×5)

光滑U形斜式顶排管规格(I)

表 4—28

| L (m) | 总根数 (根) | C (mm) | D (mm) | E (mm) | a (mm) | b (m) | 角钢档数 (个) | 冷却面积 (m ²) | 排管容积 (l) |
|----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|---------------------------|-------------|
| 22 | 8 | 680 | 480 | 740 | 0 | 5×3 | 8 | 21 | 151 |
| | 12 | 920 | 720 | 980 | 1×120 | 5×3 | 8 | 31 | 226 |
| | 16 | 1160 | 960 | 1220 | 2×120 | 5×3 | 8 | 42 | 302 |
| | 20 | 1400 | 1200 | 1460 | 3×120 | 5×3 | 8 | 52 | 377 |
| | 24 | 1640 | 1440 | 1700 | 4×120 | 5×3 | 8 | 63 | 452 |
| | 28 | 1880 | 1680 | 1940 | 5×120 | 5×3 | 8 | 73 | 528 |
| | 32 | 2120 | 1920 | 2180 | 6×120 | 5×3 | 8 | 84 | 603 |
| | 36 | 2360 | 2160 | 2420 | 7×120 | 5×3 | 8 | 94 | 679 |
| 25 | 8 | 680 | 480 | 740 | 0 | 6×3 | 9 | 24 | 172 |
| | 12 | 920 | 720 | 980 | 1×120 | 6×3 | 9 | 36 | 257 |
| | 16 | 1160 | 960 | 1220 | 2×120 | 6×3 | 9 | 47 | 343 |
| | 20 | 1400 | 1200 | 1460 | 3×120 | 6×3 | 9 | 59 | 428 |
| | 24 | 1640 | 1440 | 1700 | 4×120 | 6×3 | 9 | 71 | 514 |
| | 28 | 1880 | 1680 | 1940 | 5×120 | 6×3 | 9 | 83 | 600 |
| | 32 | 2120 | 1920 | 2180 | 6×120 | 6×3 | 9 | 95 | 685 |
| | 36 | 2360 | 2160 | 2420 | 7×120 | 6×3 | 9 | 107 | 771 |

(续)

| L | 总根数 | C | D | E | a | b | 角钢档数 | 冷却面积 | 排管容积 |
|-----|-----|------|------|------|-------|-----|------|-------------------|------|
| (m) | (根) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (m) | (个) | (m ²) | (l) |
| 28 | 8 | 680 | 480 | 740 | 0 | 7×3 | 10 | 26 | 192 |
| | 12 | 920 | 720 | 980 | 1×120 | 7×3 | 10 | 40 | 288 |
| | 16 | 1160 | 960 | 1220 | 2×120 | 7×3 | 10 | 53 | 384 |
| | 20 | 1400 | 1200 | 1460 | 3×120 | 7×3 | 10 | 66 | 479 |
| | 24 | 1640 | 1440 | 1700 | 4×120 | 7×3 | 10 | 80 | 575 |
| | 28 | 1880 | 1680 | 1940 | 5×120 | 7×3 | 10 | 93 | 672 |
| | 32 | 2120 | 1920 | 2180 | 6×120 | 7×3 | 10 | 107 | 768 |
| | 36 | 2360 | 2160 | 2420 | 7×120 | 7×3 | 10 | 120 | 864 |
| 31 | 8 | 680 | 480 | 740 | 0 | 8×3 | 11 | 29 | 213 |
| | 12 | 920 | 720 | 980 | 1×120 | 8×3 | 11 | 44 | 319 |
| | 16 | 1160 | 960 | 1220 | 2×120 | 8×3 | 11 | 59 | 425 |
| | 20 | 1400 | 1200 | 1460 | 3×120 | 8×3 | 11 | 74 | 531 |
| | 24 | 1640 | 1440 | 1700 | 4×120 | 8×3 | 11 | 88 | 637 |
| | 28 | 1880 | 1680 | 1940 | 5×120 | 8×3 | 11 | 103 | 744 |
| | 32 | 2120 | 1920 | 2180 | 6×120 | 8×3 | 11 | 118 | 850 |
| | 36 | 2360 | 2160 | 2420 | 7×120 | 8×3 | 11 | 133 | 956 |

(续)

| L | 总根数 | C | D | E | a | b | 角钢档数 | 冷却面积 | 排管容积 |
|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|-------------------|------|
| (m) | (根) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (m) | (个) | (m ²) | (l) |
| 34 | 8 | 680 | 480 | 740 | 0 | 9×3 | 12 | 32 | 233 |
| | 12 | 920 | 720 | 980 | 1×120 | 9×3 | 12 | 48 | 249 |
| | 16 | 1160 | 960 | 1220 | 2×120 | 9×3 | 12 | 65 | 466 |
| | 20 | 1400 | 1200 | 1460 | 3×120 | 9×3 | 12 | 81 | 582 |
| | 24 | 1640 | 1440 | 1700 | 4×120 | 9×3 | 12 | 97 | 698 |
| | 28 | 1880 | 1680 | 1940 | 5×120 | 9×3 | 12 | 113 | 815 |
| | 32 | 2120 | 1920 | 2180 | 6×120 | 9×3 | 12 | 129 | 932 |
| | 36 | 2360 | 2160 | 2420 | 7×120 | 9×3 | 12 | 146 | 1048 |
| 37 | 8 | 680 | 480 | 740 | 0 | 10×3 | 13 | 35 | 254 |
| | 12 | 920 | 720 | 980 | 1×120 | 10×3 | 13 | 53 | 380 |
| | 16 | 1160 | 960 | 1220 | 2×120 | 10×3 | 13 | 70 | 507 |
| | 20 | 1400 | 1200 | 1460 | 3×120 | 10×3 | 13 | 88 | 633 |
| | 24 | 1640 | 1440 | 1700 | 4×120 | 10×3 | 13 | 106 | 760 |
| | 28 | 1880 | 1680 | 1940 | 5×120 | 10×3 | 13 | 123 | 887 |
| | 32 | 2120 | 1920 | 2180 | 6×120 | 10×3 | 13 | 141 | 1014 |
| | 36 | 2360 | 2160 | 2420 | 7×120 | 10×3 | 13 | 158 | 1140 |

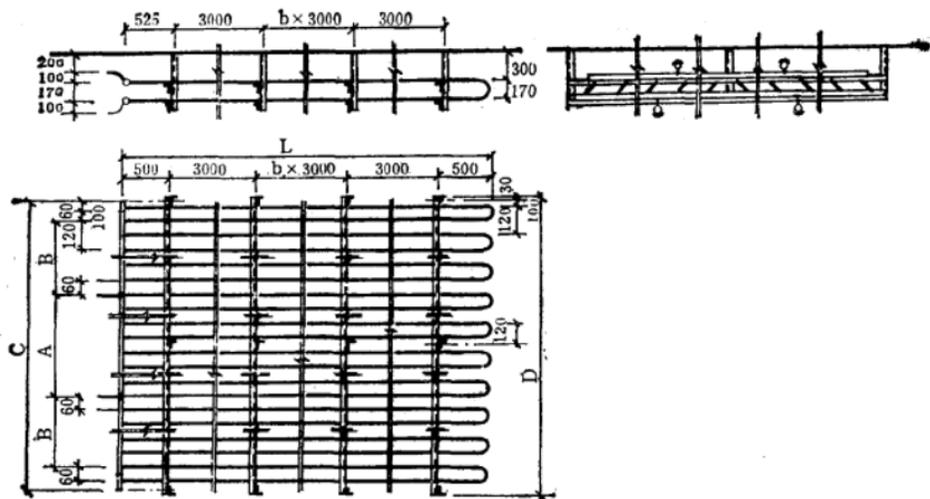


图 4—16 光滑U形斜式顶排管 (I)

注: 排管管径D33, 液体、气体集管D76, 角钢L50×5

光滑U形斜式顶排管规格 (I)

表 4—29

| 排管总根数 (根) | | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 |
|-----------|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 规格 | A(mm) | 1200 | 1440 | 1440 | 1680 | 1680 | 1920 |
| | B(mm) | 540 | 540 | 660 | 660 | 780 | 780 |
| | C(mm) | 2600 | 2840 | 3080 | 3320 | 3560 | 3800 |
| | D(mm) | 2660 | 2900 | 3140 | 3380 | 3620 | 3860 |
| L = 22m | b(m) | 5×3 | 5×3 | 5×3 | 5×3 | 5×3 | 5×3 |
| | 角钢档数 (个) | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | 冷却面积 (m ²) | 104 | 115 | 126 | 136 | 146 | 157 |
| | 排管容积 (l) | 772 | 847 | 923 | 998 | 1073 | 1148 |
| L = 25m | b(m) | 6×3 | 6×3 | 6×3 | 6×3 | 6×3 | 6×3 |
| | 角钢档数 (个) | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | 冷却面积 (m ²) | 119 | 131 | 143 | 155 | 167 | 178 |
| | 排管容积 (l) | 875 | 960 | 1046 | 1131 | 1217 | 1302 |
| L = 28m | b(m) | 7×3 | 7×3 | 7×3 | 7×3 | 7×3 | 7×3 |
| | 角钢档数 (个) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 冷却面积 (m ²) | 133 | 146 | 160 | 174 | 186 | 200 |
| | 排管容积 (l) | 978 | 1072 | 1169 | 1264 | 1350 | 1455 |

(续)

| 规格 | | 排管总根数(根) | | | | | |
|---------|-----------------------|----------|------|------|------|------|------|
| | | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 |
| A(mm) | | 1200 | 1440 | 1440 | 1680 | 1680 | 1920 |
| B(mm) | | 540 | 540 | 660 | 660 | 780 | 780 |
| C(mm) | | 2600 | 2840 | 3080 | 3320 | 3560 | 3800 |
| D(mm) | | 2660 | 2900 | 3140 | 3380 | 3620 | 3860 |
| L = 31m | b(mm) | 8×3 | 8×3 | 8×3 | 8×3 | 8×3 | 8×3 |
| | 角钢档数(个) | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| | 冷却面积(m ²) | 147 | 162 | 177 | 193 | 206 | 220 |
| | 排管容积(l) | 1081 | 1185 | 1292 | 1397 | 1494 | 1609 |
| L = 34m | b(mm) | 9×3 | 9×3 | 9×3 | 9×3 | 9×3 | 9×3 |
| | 角钢档数(个) | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | 冷却面积(m ²) | 162 | 178 | 194 | 210 | 226 | 243 |
| | 排管容积(l) | 1184 | 1298 | 1415 | 1530 | 1638 | 1763 |
| L = 37m | b(mm) | 10×3 | 10×3 | 10×3 | 10×3 | 10×3 | 10×3 |
| | 角钢档数(个) | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| | 冷却面积(m ²) | 176 | 194 | 212 | 229 | 246 | 264 |
| | 排管容积(l) | 1287 | 1411 | 1515 | 1647 | 1774 | 1900 |

(3) 光滑蛇形顶排管:

① 单层光滑蛇形顶排管: 见图 4—17 和表 4—30。

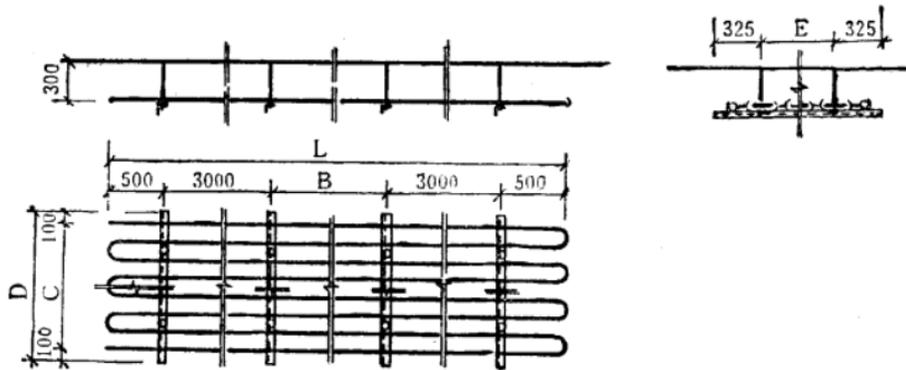


图 4—17 单层光滑蛇形顶排管

注: 排管管径D38, 角钢 $\square 50 \times 5$

单层光滑蛇形顶排管规格

表 4—30

| L (m) | 管子根数 (根) | 排管总长 (m) | 尺 寸(m) | | | | 角钢档数 | 冷却面积 (m ²) | 充氮量 (kg) | 备注 |
|----------|-------------|-------------|--------|------|------|------|------|---------------------------|-------------|----|
| | | | B | C | D | E | | | | |
| 19 | 16 | 305 | 4×3.00 | 2.25 | 2.45 | 1.80 | 7 | 36.3 | 88 | |
| | 14 | 267 | 4×3.00 | 1.95 | 2.15 | 1.50 | 7 | 31.8 | 77 | |
| | 12 | 229 | 4×3.00 | 1.65 | 1.85 | 1.20 | 7 | 27.2 | 66 | |
| | 10 | 191 | 4×3.00 | 1.35 | 1.55 | 0.90 | 7 | 22.7 | 55 | |
| | 8 | 153 | 4×3.00 | 1.05 | 1.25 | 0.60 | 7 | 18.2 | 44 | |
| 16 | 18 | 289 | 3×3.00 | 2.55 | 2.75 | 2.10 | 6 | 34.4 | 83 | |
| | 16 | 257 | 3×3.00 | 2.25 | 2.45 | 1.80 | 6 | 30.6 | 74 | |
| | 14 | 225 | 3×3.00 | 1.95 | 2.15 | 1.50 | 6 | 26.8 | 65 | |
| | 12 | 193 | 3×3.00 | 1.65 | 1.85 | 1.20 | 6 | 23.0 | 55 | |
| | 10 | 161 | 3×3.00 | 1.35 | 1.55 | 0.90 | 6 | 19.2 | 46 | |
| | 8 | 129 | 3×3.00 | 1.05 | 1.25 | 0.60 | 6 | 15.4 | 37 | |
| 13 | 18 | 235 | 2×3.00 | 2.55 | 2.75 | 2.10 | 5 | 28.0 | 67 | |
| | 16 | 209 | 2×3.00 | 2.25 | 2.45 | 1.80 | 5 | 24.9 | 60 | |
| | 14 | 183 | 2×3.00 | 1.95 | 2.15 | 1.50 | 5 | 21.8 | 53 | |
| | 12 | 157 | 2×3.00 | 1.65 | 1.85 | 1.20 | 5 | 18.7 | 45 | |
| | 10 | 131 | 2×3.00 | 1.35 | 1.55 | 0.90 | 5 | 15.6 | 38 | |
| | 8 | 105 | 2×3.00 | 1.05 | 1.25 | 0.60 | 5 | 12.5 | 30 | |

(续)

| L (m) | 管子根数 (根) | 排管总长 (m) | 尺寸(m) | | | | 角钢档数 | 冷却面积 (m ²) | 充氮量 (kg) | 备注 |
|----------|-------------|-------------|-------|------|------|------|------|---------------------------|-------------|----|
| | | | B | C | D | E | | | | |
| 10 | 18 | 181 | 3.00 | 2.55 | 2.75 | 2.10 | 4 | 21.5 | 52 | |
| | 16 | 161 | 3.00 | 2.25 | 2.45 | 1.80 | 4 | 19.2 | 46 | |
| | 14 | 141 | 3.00 | 1.95 | 2.15 | 1.50 | 4 | 16.8 | 40 | |
| | 12 | 121 | 3.00 | 1.65 | 1.85 | 1.20 | 4 | 14.4 | 35 | |
| | 10 | 101 | 3.00 | 1.35 | 1.55 | 0.90 | 4 | 12.0 | 29 | |
| | 8 | 81 | 3.00 | 1.05 | 1.25 | 0.60 | 4 | 9.6 | 23 | |
| 7 | 18 | 127 | 0 | 2.55 | 2.75 | 2.10 | 3 | 15.1 | 36 | |
| | 16 | 113 | 0 | 2.25 | 2.45 | 1.80 | 3 | 13.4 | 32 | |
| | 14 | 99 | 0 | 1.95 | 2.15 | 1.50 | 3 | 11.8 | 28 | |
| | 12 | 85 | 0 | 1.65 | 1.85 | 1.20 | 3 | 10.1 | 24 | |
| | 10 | 71 | 0 | 1.35 | 1.55 | 0.90 | 3 | 8.5 | 20 | |
| | 8 | 57 | 0 | 1.05 | 1.25 | 0.60 | 3 | 6.8 | 16 | |
| 4 | 18 | 73 | -3.00 | 2.55 | 2.75 | 2.10 | 2 | 8.7 | 21 | |
| | 16 | 65 | -3.00 | 2.25 | 2.45 | 1.80 | 2 | 7.7 | 19 | |
| | 14 | 57 | -3.00 | 1.95 | 2.15 | 1.50 | 2 | 6.8 | 16 | |
| | 12 | 49 | -3.00 | 1.65 | 1.85 | 1.20 | 2 | 5.8 | 14 | |
| | 10 | 41 | -3.00 | 1.35 | 1.55 | 0.90 | 2 | 4.9 | 12 | |
| | 8 | 33 | -3.00 | 1.05 | 1.25 | 0.60 | 2 | 3.9 | 9.5 | |

②双层光滑蛇形顶排管见图4—18和表4—31;

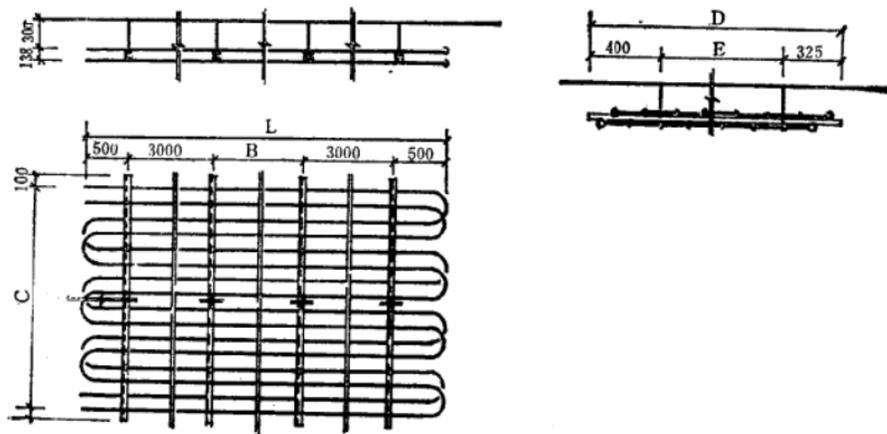


图4—18 双层光滑蛇形顶排管

注: 排管管径D38, 槽钢[100×5.3

双层光滑蛇形顶排管规格

表 4—31

| L (m) | 管子根数 (根) | 排管总长 (m) | 尺 寸(m) | | | | 槽钢档数 | 冷却面积 (m ²) | 充氮量(下 进上出) (kg) | 备注 |
|----------|-------------|-------------|--------|-------|-------|------|------|---------------------------|-----------------------|----|
| | | | B | C | D | E | | | | |
| 19 | 16×2 | 610 | 4×3.00 | 2.325 | 2.525 | 1.80 | 7 | 72.6 | 175 | |
| | 14×2 | 534 | 4×3.00 | 2.025 | 2.225 | 1.50 | 7 | 63.5 | 153 | |
| | 12×2 | 458 | 4×3.00 | 1.725 | 1.925 | 1.20 | 7 | 54.5 | 131 | |
| | 10×2 | 382 | 4×3.00 | 1.425 | 1.625 | 0.90 | 7 | 45.4 | 110 | |
| | 8×2 | 306 | 4×3.00 | 1.125 | 1.325 | 0.60 | 7 | 36.4 | 88 | |
| 16 | 18×2 | 578 | 3×3.00 | 2.625 | 2.825 | 2.10 | 6 | 68.8 | 166 | |
| | 16×2 | 514 | 3×3.00 | 2.325 | 2.525 | 1.80 | 6 | 61.2 | 148 | |
| | 14×2 | 450 | 3×3.00 | 2.025 | 2.225 | 1.50 | 6 | 53.6 | 129 | |
| | 12×2 | 386 | 3×3.00 | 1.725 | 1.925 | 1.20 | 6 | 46.0 | 111 | |
| | 10×2 | 322 | 3×3.00 | 1.425 | 1.625 | 0.90 | 6 | 38.3 | 92 | |
| | 8×2 | 258 | 3×3.00 | 1.125 | 1.325 | 0.60 | 6 | 30.7 | 74 | |
| 13 | 18×2 | 470 | 2×3.00 | 2.625 | 2.825 | 2.10 | 5 | 56.0 | 135 | |
| | 16×2 | 418 | 2×3.00 | 2.325 | 2.525 | 1.80 | 5 | 49.8 | 120 | |
| | 14×2 | 366 | 2×3.00 | 2.025 | 2.225 | 1.50 | 5 | 43.6 | 105 | |
| | 12×2 | 314 | 2×3.00 | 1.725 | 1.925 | 1.20 | 5 | 37.4 | 90 | |
| | 10×2 | 262 | 2×3.00 | 1.425 | 1.625 | 0.90 | 5 | 31.2 | 75 | |
| | 8×2 | 210 | 2×3.00 | 1.125 | 1.325 | 0.60 | 5 | 25.0 | 61 | |

(续)

| L (m) | 管子根数 (根) | 排管总长 (m) | 尺寸(m) | | | | 槽钢档数 | 冷却面积 (m ²) | 充氮量(下 进上出) (kg) | 备注 |
|----------|-------------|-------------|-------|-------|-------|------|------|---------------------------|-----------------------|----|
| | | | B | C | D | E | | | | |
| 10 | 18×2 | 362 | 3.00 | 2.625 | 2.825 | 2.10 | 4 | 43.0 | 104 | |
| | 16×2 | 322 | 3.00 | 2.325 | 2.525 | 1.80 | 4 | 38.3 | 92 | |
| | 14×2 | 282 | 3.00 | 2.025 | 2.225 | 1.50 | 4 | 33.6 | 81 | |
| | 12×2 | 242 | 3.00 | 1.725 | 1.925 | 1.20 | 4 | 28.8 | 69 | |
| | 10×2 | 202 | 3.00 | 1.425 | 1.625 | 0.90 | 4 | 24.0 | 58 | |
| | 8×2 | 162 | 3.00 | 1.125 | 1.325 | 0.60 | 4 | 19.3 | 46 | |
| 7 | 18×2 | 254 | 0 | 2.625 | 2.825 | 2.10 | 3 | 30.2 | 73 | |
| | 16×2 | 226 | 0 | 2.325 | 2.525 | 1.80 | 3 | 27.0 | 65 | |
| | 14×2 | 198 | 0 | 2.025 | 2.225 | 1.50 | 3 | 23.6 | 57 | |
| | 12×2 | 170 | 0 | 1.725 | 1.925 | 1.20 | 3 | 20.2 | 49 | |
| | 10×2 | 142 | 0 | 1.425 | 1.625 | 0.90 | 3 | 16.9 | 41 | |
| | 8×2 | 114 | 0 | 1.125 | 1.325 | 0.60 | 3 | 13.6 | 33 | |
| 4 | 18×2 | 146 | -3.00 | 2.625 | 2.825 | 2.10 | 2 | 17.4 | 42 | |
| | 16×2 | 130 | -3.00 | 2.325 | 2.525 | 1.80 | 2 | 15.5 | 37 | |
| | 14×2 | 114 | -3.00 | 2.025 | 2.225 | 1.50 | 2 | 13.6 | 33 | |
| | 12×2 | 98 | -3.00 | 1.725 | 1.925 | 1.20 | 2 | 11.7 | 28 | |
| | 10×2 | 82 | -3.00 | 1.425 | 1.625 | 0.90 | 2 | 9.8 | 24 | |
| | 8×2 | 66 | -3.00 | 1.125 | 1.325 | 0.60 | 2 | 7.9 | 19 | |

(4) 光滑蛇形墙排管:

①光滑蛇形高墙排管: 见图 4—19和表 4—32。

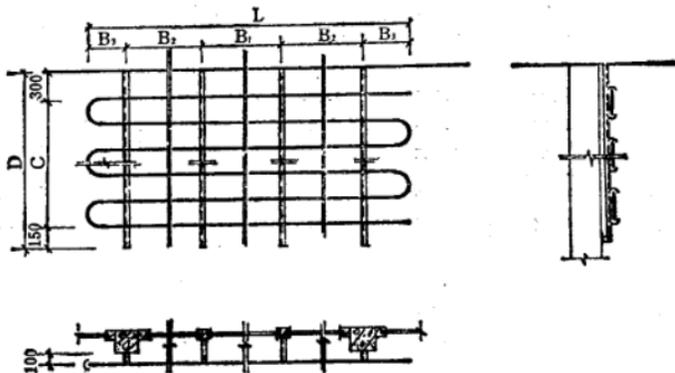


图 4—19 光滑蛇形高墙排管

注: 排管管径D38, 角钢 L50×5

光滑蛇形高墙排管规格

表 4—32

| L (m) | 管子根数 (根) | 排管总长 (m) | 尺寸(m) | | 角钢档数 | 冷却面积 (m ²) | 充氮量(下 进上出) (kg) | 备 注 |
|----------|-------------|-------------|-------|------|------|---------------------------|-----------------------|-----|
| | | | C | D | | | | |
| 15 | 12 | 180.9 | 1.65 | 2.10 | 8 | 21.5 | 51.9 | |
| | 10 | 150.8 | 1.35 | 1.80 | 8 | 17.9 | 43.2 | |
| | 8 | 120.6 | 1.05 | 1.50 | 8 | 14.3 | 34.6 | |
| | 6 | 90.4 | 0.75 | 1.20 | 8 | 10.7 | 26 | |
| | 4 | 60.3 | 0.45 | 0.90 | 8 | 7.1 | 17.3 | |
| 13 | 12 | 156.9 | 1.65 | 2.10 | 7 | 18.7 | 45 | |
| | 10 | 130.8 | 1.35 | 1.80 | 7 | 15.6 | 37.5 | |
| | 8 | 104.6 | 1.05 | 1.50 | 7 | 12.4 | 30 | |
| | 6 | 78.4 | 0.75 | 1.20 | 7 | 9.3 | 22.5 | |
| | 4 | 52.3 | 0.45 | 0.90 | 7 | 6.2 | 15 | |
| 11 | 12 | 132.9 | 1.65 | 2.10 | 6 | 15.8 | 38.1 | |
| | 10 | 110.8 | 1.35 | 1.80 | 6 | 13.1 | 31.7 | |
| | 8 | 88.6 | 1.05 | 1.50 | 6 | 10.5 | 25.4 | |
| | 6 | 66.4 | 0.75 | 1.20 | 6 | 7.9 | 19 | |
| | 4 | 44.3 | 0.45 | 0.90 | 6 | 5.3 | 12.7 | |

(续)

| L (m) | 管子根数 (根) | 排管总长 (m) | 尺寸(m) | | 角钢档数 | 冷却面积 (m ²) | 充氮量(下 进上出) (kg) | 备注 |
|----------|-------------|-------------|-------|------|------|---------------------------|-----------------------|----|
| | | | C | D | | | | |
| 9 | 12 | 108.9 | 1.65 | 2.10 | 5 | 13.0 | 31.3 | |
| | 10 | 90.8 | 1.35 | 1.80 | 5 | 10.8 | 26 | |
| | 8 | 72.6 | 1.05 | 1.50 | 5 | 8.6 | 21 | |
| | 6 | 54.4 | 0.75 | 1.20 | 5 | 6.5 | 15.6 | |
| | 4 | 36.3 | 0.45 | 0.90 | 5 | 4.3 | 10.4 | |
| 7 | 12 | 84.9 | 1.65 | 2.10 | 4 | 10.1 | 24.4 | |
| | 10 | 70.8 | 1.35 | 1.80 | 4 | 8.4 | 20.3 | |
| | 8 | 56.6 | 1.05 | 1.50 | 4 | 6.7 | 16.2 | |
| | 6 | 42.4 | 0.75 | 1.20 | 4 | 5.0 | 12.1 | |
| | 4 | 28.3 | 0.45 | 0.90 | 4 | 3.4 | 8.1 | |
| 5 | 12 | 60.9 | 1.65 | 2.10 | 3 | 7.2 | 17.5 | |
| | 10 | 50.8 | 1.35 | 1.80 | 3 | 6.0 | 14.6 | |
| | 8 | 40.6 | 1.05 | 1.50 | 3 | 4.8 | 11.7 | |
| | 6 | 30.4 | 0.75 | 1.20 | 3 | 3.6 | 8.7 | |
| | 4 | 20.3 | 0.45 | 0.90 | 3 | 2.4 | 5.8 | |

②光滑蛇形低墙排管：见图4—20和表4—33。

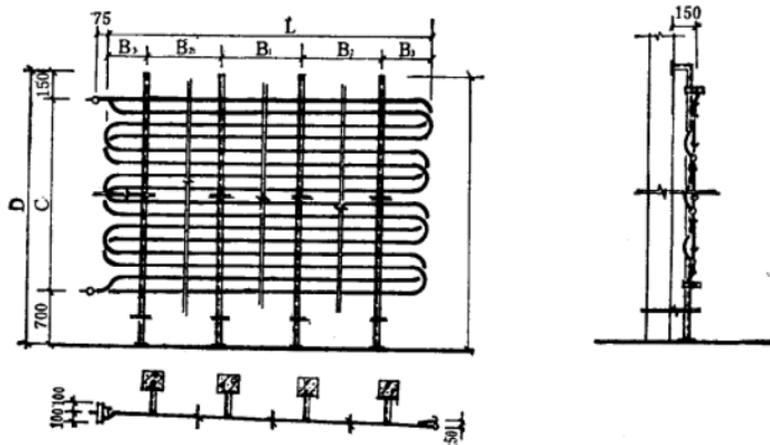


图4—20 光滑蛇形低墙排管
注：排管管径D38，角钢L50×5

光滑蛇形低墙排管规格

表 4—33

| L (m) | 管子根数 (根) | 排管总长 (m) | 尺寸(m) | | 角钢档数 | 冷却面积 (m ²) | 充氮量(下 进上出) (kg) | 备 注 |
|----------|-------------|-------------|-------|-------|------|---------------------------|-----------------------|-----|
| | | | C | D | | | | |
| 15 | 40 | 603.5 | 2.925 | 3.775 | 8 | 71.8 | 173 | |
| | 36 | 543.2 | 2.625 | 3.475 | 8 | 64.7 | 156 | |
| | 32 | 482.8 | 2.325 | 3.175 | 8 | 57.5 | 139 | |
| | 28 | 422.5 | 2.025 | 2.875 | 8 | 50.3 | 121 | |
| | 24 | 362.1 | 1.725 | 2.575 | 8 | 43.1 | 104 | |
| 13 | 40 | 523.5 | 2.925 | 3.775 | 7 | 62.3 | 150 | |
| | 36 | 471.2 | 2.625 | 3.475 | 7 | 56.1 | 135 | |
| | 32 | 418.8 | 2.325 | 3.175 | 7 | 49.8 | 120 | |
| | 28 | 366.5 | 2.025 | 2.875 | 7 | 43.6 | 105 | |
| | 24 | 314.1 | 1.725 | 2.575 | 7 | 37.4 | 90 | |
| 11 | 40 | 443.5 | 2.925 | 3.775 | 6 | 52.8 | 127 | |
| | 36 | 393.2 | 2.625 | 3.475 | 6 | 47.5 | 115 | |
| | 32 | 354.8 | 2.325 | 3.175 | 6 | 42.2 | 102 | |
| | 28 | 310.5 | 2.025 | 2.875 | 6 | 37.0 | 89 | |
| | 24 | 266.1 | 1.725 | 2.575 | 6 | 31.7 | 76 | |

(续)

| L (m) | 管子根数 (根) | 排管总长 (m) | 尺 寸(m) | | 角钢档数 | 冷却面积 (m ²) | 充氮量(下 进上出) (kg) | 备 注 |
|----------|-------------|-------------|--------|-------|------|---------------------------|-----------------------|-----|
| | | | C | D | | | | |
| 9 | 40 | 363.5 | 2.925 | 3.775 | 5 | 43.3 | 104 | |
| | 36 | 327.2 | 2.625 | 3.475 | 5 | 39.0 | 94 | |
| | 32 | 290.8 | 2.325 | 3.175 | 5 | 34.6 | 83 | |
| | 28 | 254.5 | 2.025 | 2.875 | 5 | 30.3 | 73 | |
| | 24 | 218.1 | 1.725 | 2.575 | 5 | 26.0 | 63 | |
| 7 | 40 | 283.5 | 2.925 | 3.775 | 4 | 33.7 | 81 | |
| | 36 | 255.2 | 2.625 | 3.475 | 4 | 30.4 | 73 | |
| | 32 | 226.8 | 2.325 | 3.175 | 4 | 27.0 | 65 | |
| | 28 | 198.5 | 2.025 | 2.875 | 4 | 23.6 | 57 | |
| | 24 | 170.1 | 1.725 | 2.575 | 4 | 20.2 | 49 | |
| 5 | 40 | 203.5 | 2.925 | 3.775 | 3 | 24.2 | 58 | |
| | 36 | 183.2 | 2.625 | 3.475 | 3 | 21.8 | 53 | |
| | 32 | 162.8 | 2.325 | 3.175 | 3 | 19.4 | 47 | |
| | 28 | 142.5 | 2.025 | 2.875 | 3 | 17.0 | 41 | |
| | 24 | 122.1 | 1.725 | 2.575 | 3 | 14.5 | 35 | |

(三) 冷 风 机

1. 冷风机的简介和规格

冷风机是依靠通风机使冷间内的空气通过冷风机的冷却排管，产生热交换将空气冷却，从而达到降低冷却温度的目的。

冷风机可以装设在冷间内，也可装设在穿堂内。如装设在穿堂内时，应按温差情况将冷风机外壳加包保温层。

冷风机分为两大类：

(1) 干式冷风机：这种冷风机的传热是空气

通过冷风机内管簇的外壁进行热交换，有落地式冷风机和吊顶式冷风机。目前，这种冷风机在冷库中采用较多。

(2) 湿式冷风机：这种冷风机的传热系直接由空气和冷风机内低温冷媒液体（如盐水等）进行热交换。

此外，还有干湿混合式冷风机。在这种冷风机中，除有冷却排管外，还用盐水或不冻液淋浇。

干式冷风机的规格和外形尺寸参见图4—21、4—22、4—23、4—24和表4—34、4—35，设计时应按制造厂提供的样本选用。

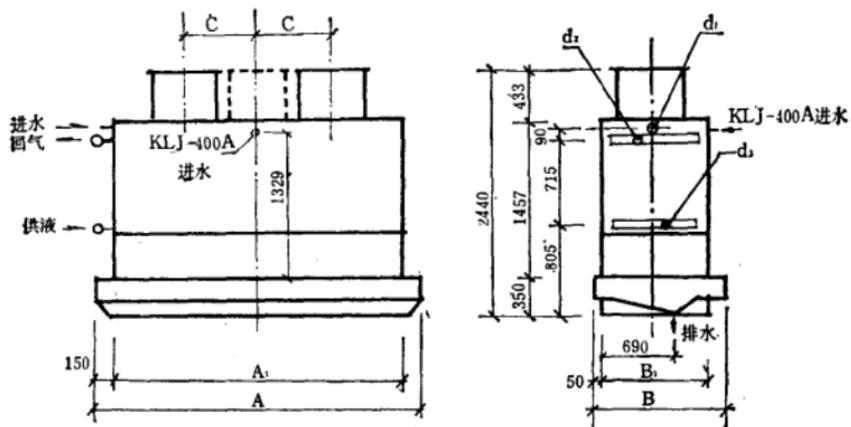


图 4-21 KLD-125A、150A、200A、250A、300A、350A

KLL-150A、250A、350A

KLJ-200A、300A、350A、400A

冷风机外形

注：排水口位置在水盘折线上任意位置开孔。

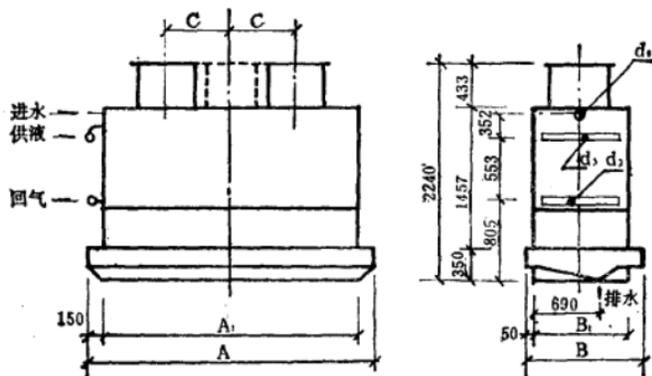


图 4—22 KLD-150B、200B、250B、300B、350B
 KLL-150B、250B、350B 冷风机外形
 注：排水口位置在水盘折线上任意位置开孔

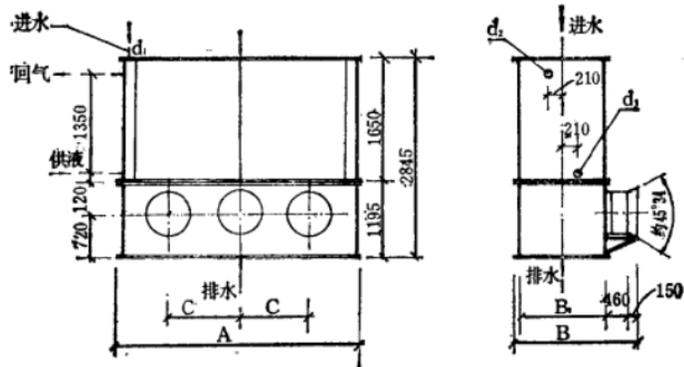


图 4—23 LT-360、LT-400冷风机外形

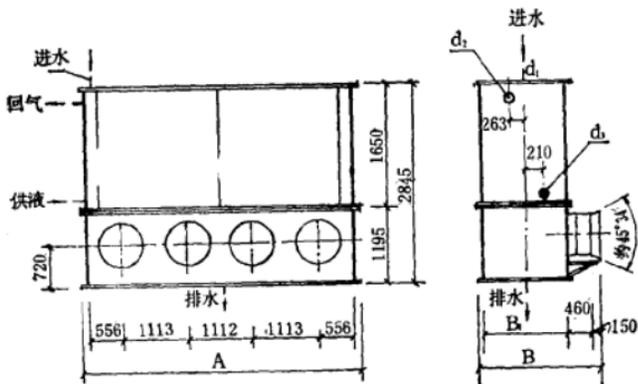


图 4-24 LT-500冷风机外形

2. 干式冷风机计算

(1) 冷风机冷却面积 A (m^2) 的计算:

$$A = Q_q / K \Delta t \quad (4-70)$$

式中: Q_q ——冷间冷却设备负荷 (W)。

K ——冷风机传热系数 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)。

Δt ——冷间空气温度与制冷剂温度差 ($^\circ C$)。

(2) 传热系数 K 值 冷风机的传热系数可近似地按表 4-36 所列数值采用。

(3) 冷间空气温度与制冷剂温度差

Δt :

① 冷却间, Δt 一般采用 $10-15^\circ C$ 。

② 冻结物冷藏间和冻结间, Δt 可采

用 $7-10^\circ C$ 。

③ 冷却物冷藏间相对湿度要求在 90% 左右时, Δt 可在 $4.5-5.5^\circ C$ 范围内选用。

④ 冷却物冷藏间相对湿度要求在 80% 左右时, Δt 可在 $5.5-6.5^\circ C$ 内选用。

⑤ 冷却物冷藏间相对湿度要求在 75% 左右时,

干式冷风机性能

表 4—34

| 型 号 | 冷却表面 面积 (m ²) | 通 风 机 | | | | | | 电 动 机 | | |
|---------|---------------------------------|--------------------|-----------|-----------------------|-------|-------------|-----|-------|-----|--|
| | | 型 号 | 台数 (台) | 风量(m ³ /h) | | 全风压 (Pa) | 型 号 | 功 率 | | |
| | | | | 一 台 | 合 计 | | | 一 台 | 合 计 | |
| KLD-125 | 127 | T-40-11-L 6°-4-20* | 1 | 9990 | 9990 | 200 | | 1.1 | 1.1 | |
| KLD-150 | 155 | T-40-11-L 6°-4-25 | 1 | 12900 | 12900 | 202 | | 1.1 | 1.1 | |
| KLD-200 | 200 | T-40-11-L 6°-4-20 | 2 | 9990 | 19980 | 200 | | 1.1 | 2.2 | |
| KLD-250 | 258 | T-40-11-L 6°-4-20 | 2 | 9990 | 19980 | 200 | | 1.1 | 2.2 | |
| KLD-300 | 300 | T-40-11-L 6°-4-25 | 2 | 12900 | 25800 | 202 | | 1.1 | 2.2 | |
| KLD-350 | 344 | T-40-11-L 6°-4-25 | 2 | 12900 | 25800 | 202 | | 1.1 | 2.2 | |
| KLL-125 | 127 | T-40-11-L 4°-6-35 | 1 | 10101 | 10101 | 586.4 | | 2.2 | 2.2 | |
| KLL-150 | 155 | T-40-11-L 4°-6-35 | 1 | 10101 | 10101 | 586.4 | | 2.2 | 2.2 | |
| KLL-250 | 258 | T-40-11-L 4°-6-35 | 2 | 10101 | 20202 | 586.4 | | 2.2 | 4.4 | |
| KLL-350 | 344 | T-40-11-L 4°-6-35 | 3 | 10101 | 30303 | 586.4 | | 2.2 | 6.6 | |
| KLJ-200 | 200 | T-40-11-L 6°-4-20 | 2 | 9990 | 19980 | 200 | | 1.1 | 2.2 | |
| KLJ-300 | 300 | T-40-11-L 6°-4-25 | 3 | 12900 | 38700 | 202 | | 1.1 | 3.3 | |
| KLJ-350 | 344 | T-40-11-L 6°-4-25 | 3 | 12900 | 38700 | 202 | | 1.1 | 3.3 | |
| KLJ-400 | 400 | T-40-11-L 6°-4-35 | 3 | 15700 | 47100 | 266.7 | | 2.2 | 6.6 | |
| LT-360 | 360 | LFF 7°-4 | 3 | 18000 | 54000 | 299.1 | | 2.2 | 6.6 | |
| LT-400 | 400 | LFF 7°-4 | 3 | 18000 | 54000 | 299.1 | | 2.2 | 6.6 | |
| LT-500 | 500 | LFF 7°-4 | 4 | 18000 | 68000 | 299.1 | | 2.2 | 8.8 | |

* 6°为风机号，4为叶片数，20为叶片的角度。

冷风机外形尺寸

表 4—35

| 空气冷却器型号 | 冷却表面积 (m ²) | 主要尺寸 (mm) | | | | | 连接管尺寸 (mm) | | |
|---------|----------------------------|-----------|----------------|------|----------------|------|----------------|----------------|----------------|
| | | A | A ₁ | B | B ₁ | C | d ₁ | d ₂ | d ₃ |
| KLD-125 | 127 | 1690 | 1330 | 1180 | 980 | — | 57 | 57 | 38 |
| KLD-150 | 155 | 1990 | 1630 | 1180 | 980 | — | 57 | 57 | 38 |
| KLD-200 | 200 | 2410 | 2050 | 1180 | 980 | 475 | 57 | 57 | 38 |
| KLD-250 | 258 | 3010 | 2650 | 1180 | 980 | 750 | 76 | 57 | 38 |
| KLD-300 | 300 | 3010 | 2650 | 1330 | 1130 | 750 | 76 | 57 | 38 |
| KLD-350 | 344 | 3010 | 2650 | 1480 | 1280 | 750 | 76 | 76 | 57 |
| KLL-125 | 127 | 1690 | 1330 | 1180 | 980 | — | 57 | 57 | 38 |
| KLL-150 | 155 | 1990 | 1630 | 1180 | 980 | — | 57 | 57 | 38 |
| KLL-250 | 258 | 3010 | 2650 | 1180 | 980 | 750 | 76 | 57 | 38 |
| KLL-350 | 344 | 3010 | 2650 | 1480 | 1280 | 850 | 76 | 76 | 57 |
| KLJ-200 | 200 | 2410 | 2050 | 1180 | 980 | 475 | 57 | 57 | 38 |
| KLJ 300 | 300 | 3010 | 2650 | 1330 | 1130 | 850 | 76 | 57 | 38 |
| KLJ-350 | 344 | 3010 | 2650 | 1480 | 1280 | 850 | 76 | 76 | 57 |
| KLJ-400 | 400 | 4430 | 4030 | 1180 | 980 | 1320 | 76 | 76 | 57 |
| LT-360 | 360 | 8350 | — | 1609 | 974 | 1072 | 89 | 76 | 38 |
| LT-400 | 400 | 8800 | — | 1609 | 974 | 1220 | 89 | 76 | 38 |
| LT-500 | 500 | 4600 | — | 1609 | 974 | — | 89 | 76 | 38 |

冷风机传热系数

表 4—36

| 翅片管冷风机 | 通过管间的空气速度 (m/s) | 传热系数K (W/m ² ·°C) |
|------------------------|--------------------|---------------------------------|
| t _x = -40°C | 4—5 | 11.6 |
| t _x = -20°C | 4—5 | 12.8 |
| t _x = -15°C | 4—5 | 13.9 |
| t _x ≥ 0°C | 4—5 | 17.4 |

Δt可在6.5—9°C内选用。

⑥对有包装的食品冷藏间或加工间，Δt可在9—14°C内选用。

(4) 冷风机风量计算：

冷风机风量取决于冷风机的使用场所，可按下列经验公式计算：

$$q_v = \beta Q_g \quad (4-71)$$

式中：q_v——冷风机风量 (m³/h)。

Q_g——冷间冷却设备负荷 (W)。

β——配风系数。

冻结间β = 0.9—1.1冷却间、冷藏间

$$\beta = 0.5—0.6 (m^3/W \cdot h)。$$

(5) 冷风机断面净面积计算：

$$A_1 = q_v / 3600w \quad (4-72)$$

式中：A₁——冷风机断面净面积 (m²)。

q_v——冷风机风量 (m³/h)。

w——空气流速，一般采用4—5 (m/s)。

(6) 冷风机断面面积计算：

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \quad (4-73)$$

式中：A——冷风机断面面积 (m²)。

A₁——冷风机断面净面积 (m²)。

A₂——冷风机断面内管子所占面积 (m²)。

A₃——冷风机断面内翅片所占面积 (m²)。

A₄——冷风机断面内型钢所占面积 (m²)。

(7) 通风机全风压计算：

$$P = \rho (\Delta P_c + \Delta P_m) / 1.2 \quad (4-74)$$

式中： p ——通风机全风压 (Pa)。

Δp_c ——通过翅片管的空气阻力损失见图
4—25(Pa)。

Δp_m ——包括风道、喷风口和其他管件在内的
全部阻力损失 (Pa)。

ρ ——温度为 t_z 时的空气密度 (kg/m^3)。

(8) 通风机功率计算：

① 离心式通风机：

$$P = q_v p K / 1000 \eta \eta_n 3600 \quad (4-75)$$

式中： P ——通风机功率 (kW)。

q_v ——通风机风量 (m^3/h)。

p ——通风机全风压 (Pa)。

K ——电动机容量储备系数，见表 4—37。

η ——通风机效率。

η_n ——皮带传动效率，一般采用 0.9—0.95，

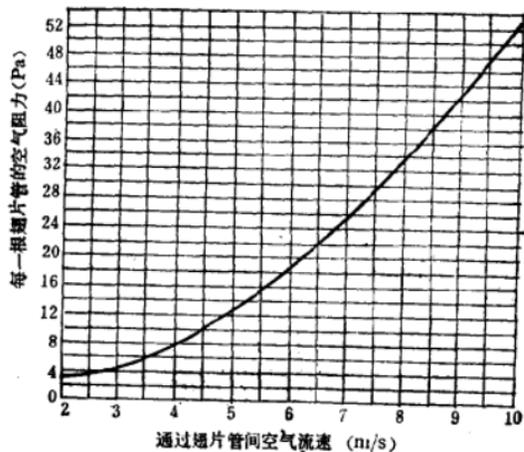


图 4—25 通过冷风机翅片管的空气阻力

电动机容量的储备系数K值

表 4—37

| 电动机容量 kW | 离心式通风机 | 轴流式通风机 |
|-------------|--------|--------|
| | K | K |
| ≤0.5 | 1.5 | 1.1 |
| ≤1.0 | 1.3 | |
| ≤2.0 | 1.2 | |
| ≤5.0 | 1.15 | |
| >5 | 1.1 | |

直接联动取 1。

1000——牛顿·米/秒换算成千瓦。

②轴流式通风机:

$$P = q_v p K / 1000 \eta 3600 \quad (4-76)$$

式中: P ——通风机功率 (kW)。

q_v ——通风机风量 (m^3/h)。

p ——通风机全风压 (Pa)。

K ——电动机容量储备系数, 见表 4—37。

η ——通风机效率。

(9) 融霜水量计算:

$$V = 0.035 A t \quad (4-77)$$

式中: V ——冷风机融霜水量 (m^3)。

A ——冷风机冷却面积 (m^2)。

0.035——冷风机每平米冷却面积所需融霜水量 ($m^3/m^2 \cdot h$)。

t ——融霜延续时间, 一般采用 ($1/3 - 1/4$) h。

(四) 均匀送风道

1. 冷间配风系统的一般原则

(1) 均匀送风道内空气流速, 首段采用 8—12 m/s, 末段采用 1—2 m/s。

(2) 保证货间有均匀分布的气流及流速, 对

大多数货物来说, 货间风速采用 0.25m/s 是较为适宜的。

(3) 由于送风口风速较高、空气温度较低, 冷却物冷藏间内货物如处于射流区, 容易冻伤; 冻结物冷藏间内未包装货物处于射流区, 干耗加大。吹风冷藏间的货物, 均应处于回流区。为了扩大适宜于商品贮存的回流区, 射流区应尽量压缩, 应在冷藏间顶部形成水平的均匀射流, 有条件时形成贴附射流则更好。

(4) 送风口送风速度, 应能满足射程的要求。一般要求到达墙面时, 射流速度接近于零, 气流从这点开始进入回流区。

(5) 构造简单, 制作方便, 空气阻力小。

2. 带圆形喷风口的均匀送风道

(1) 均匀送风道的高度, 一般采用 $450\text{--}500\text{mm}$, 宽度根据风量和空气流速选定。

(2) 每个圆形喷风口风量, 一般采用 $400\text{m}^3/\text{h}$ 。喷风口风速, 一般采用 $12\text{--}19\text{m/s}$ 。

(3) 喷风口轴心线与无梁楼板水平面成 17° 角。

(4) 经过喷风口的空气阻力, 按下式计算

$$\Delta p_c = 9.807 w^2 \rho / 2 g \xi \quad (4-78)$$

式中: Δp_c ——喷风口的空气阻力损失 (Pa)。

w ——喷风口空气流速 (m/s)。

ρ ——空气密度 (kg/m^3)。

g ——重力加速度 ($g = 9.81\text{m}/\text{s}^2$)。

ξ ——喷风口有效系数。一般采用 0.95 。

(5) 水平射程可按下式计算:

$$Y = \frac{d_s}{A} \left(\frac{0.226w}{w_m} - 0.145 \right) \quad (4-79)$$

式中: Y ——喷口至射流终端的距离 (m)。

d_s ——喷口直径 (m)。

A ——喷口紊流系数, 圆柱形为0.076。

w_m ——射流平均速度, 即回流平均风速 (m/s)。

3. 带条缝送风口的均匀送风道

(1) 出风口设在均匀送风道两侧, 形成两条高度不变的条缝。出风口不设导流板, 出口风速视射程而定, 一般采用2—6 m/s。

(2) 计算方法如下:

$$dw/dx = -\lambda w / 2 Y_p D \quad (4-80)$$

式中: w ——风道内空气的流速 (m/s)。

λ ——风道摩擦系数, 它取决于冷空气的雷诺数和风道材料的粗糙度, 见图4—26。

Y_p ——补偿压力系数, 一般采用0.75

D ——风道平均当量直径 (m),

$$D = 4f/U.$$

f ——风道断面 (m²)。

U ——风道周边长 (m)。

x ——距送风道始端的距离 (m)。

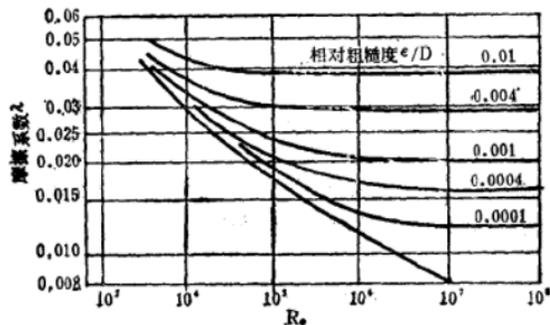


图4—26 风道摩擦系数

距送风道进风口距离为处 x 的风道内的空气流

量 V_x 可按下式计算

$$V_x = (V - VX/L) \quad (4-81)$$

式中： V_x ——距送风道进风口 x 处的空气流量
(m^3/h)。

V ——送风道进口处的风量(m^3/h)。

L ——风道长度(m)。

X ——距送风道始端的距离(m)。

则风道断面 f 可由下式计算：

$$f = (V - VX/L) / w \quad (4-82)$$

冷库用风道，一般高度不变，风道宽度随着离进风口的距离增大而逐渐缩小。若矩形风道的短边以 b 表示，长边由 ab 表示，则平均当量直径 $D(m)$ 为：

$$D = 4ab^2 / (2ab + 2b) \quad (4-83)$$

风道断面 $f(m^2)$ 为：

$$f = ab^2 = (V - VX/L) / w \quad (4-84)$$

风道高度 $b(m)$ 为：

$$b = \sqrt{(V - VX/L) / aw} \quad (4-85)$$

风道周边长

$$U = \left[2b + \frac{2(V - yX/L)}{wb} \right] \quad (4-86)$$

则

$$D = 4(V - VX/L) / w \left[2b + \frac{2(V - VX/L)}{wb} \right] \quad (4-87)$$

将 D 代入

$$\frac{dw}{dX} = -\frac{\lambda}{Y_p} \left[\frac{1}{4b} w + \frac{bw^2}{4(V - VX/L)} \right]$$

令 $Z = 1/w$ $Y = (V - VX/L)$ 代入式

$$Z = e^{\lambda x / 4Y_p b} \left\{ c - e^{-\lambda L / 4Y_p b} \left[\left(\frac{\lambda b L}{4Y_p V} \right) \left[\ln Y + \frac{\lambda Y L}{4Y_p V b} \right] + \left(\frac{\lambda Y L}{4Y_p V b} \right)^2 \frac{1}{2 \times 2!} + \left(\frac{\lambda Y L}{4Y_p V b} \right)^3 \frac{1}{3 \times 3!} + \dots + \left(\frac{\lambda Y L}{4Y_p V b} \right)^n \frac{1}{n \times n!} \right] \right\} \quad (4-88)$$

积分常数C取决于风道始端空气流速 w_0 ，可由下式求得：

$$C = \frac{1}{w_0} + e^{-\lambda L / 4Y_p b} \left(\frac{\lambda b L}{4Y_p V} \right) \left\{ \ln y + \frac{\lambda L}{4V_p b} + \left(\frac{\lambda L}{4V_p b} \right)^2 \frac{1}{2 \times 2!} + \left(\frac{\lambda L}{4V_p b} \right)^3 \frac{1}{3 \times 3!} + \dots + \left(\frac{\lambda L}{4V_p b} \right)^n \frac{1}{n \times n!} \right\}$$

(4-89)

当 x/L 值小时，计算到第三档 $\left(\frac{\lambda L}{4V_p b} \right)^3$

$\frac{1}{3 \times 3!}$ 已足够精确要求。

当 x/L 值大时，计算到第二档 $\left(\frac{\lambda L}{4V_p b} \right)^2$

$\frac{1}{2 \times 2!}$ 已够精确要求。

4. 带百页窗口的均匀送风道

(1) 计算送风口个数 n ：

$$n = BH / (\alpha x \bar{x})^2 \quad (4-90)$$

式中： B ——送风侧房间宽度(m)。

H ——房间高度(m)。

α ——送风口紊流系数。百页窗送风口取0.14。

x ——射程。它等于沿送风方向的房间深度

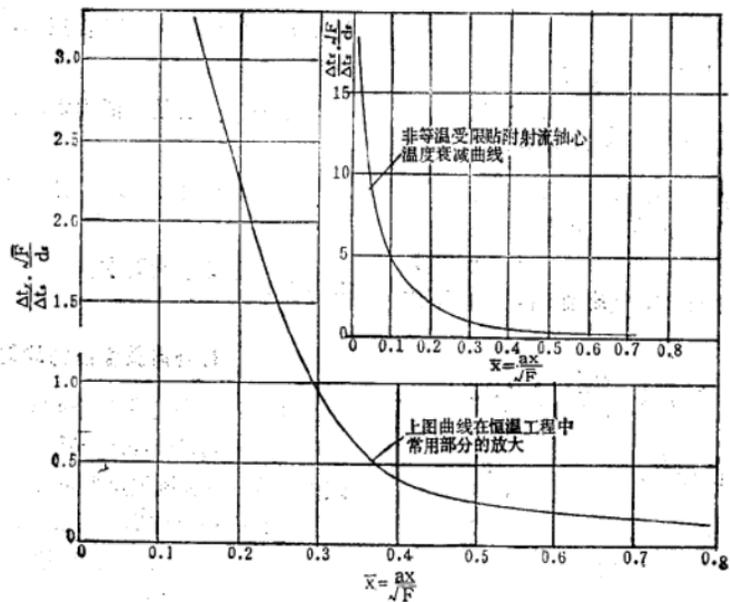


图 4—27 非等温受限射流轴心温差衰减曲线
 (摘自“空气调节设计手册”1983年版P240)

减去 1 (m)。

\bar{x} ——射流相对射程, $\bar{x} = ax/\sqrt{F}$ (m)。

F ——每个送风口所管辖的房间横截面 (m²)。

$$F = BH/n \quad (4-91)$$

\bar{x} 可根据 $\Delta t_x/\Delta t_s$ 乘以 \sqrt{F}/d_s 的积查图 4-27。

Δt_x ——射流进入工作区前, 轴心与室内温度之差。它的取值如下:

当允许温度波动范围 (即空调精度) $\Delta t_j \leq 0.5^\circ\text{C}$ 时 Δt_x 取 $0.4-0.5\Delta t_j$;

当 $\Delta t_j > 0.5^\circ\text{C}$ 时, Δt_x 取 $0.5-0.9\Delta t_j$;

当设计工艺对区域温度无要求时, $\Delta t_x =$

Δt_j 。

d_s ——送风口的当量直径 (m)。

按求得的 \bar{x} 值及 $a=0.14$ 计算送风口个数。

(2) 送风口面积 f_s 及送风口当量直径 d_s 计

算。

$$f_s = q_v/3600 \times 0.95wn \quad (4-92)$$

$$d_s = 1.128\sqrt{f_s} \quad (4-93)$$

式中: q_v ——冷风机风量 (m³/h)。

w ——送风口风速 (m/s)。

n ——送风口个数。

(3) 送风口风速计算: 先假定一个风速, 然后用射流自由度来核对该风速是否合适。射流自由度按下式计算。

$$\text{射流自由度} = \sqrt{F}/d_s \quad (4-94)$$

式中: F ——每个送风口所管辖的房间横截面积, 见公式 (4-91)。

d_s ——送风口的当量直径 (m)。

$$\begin{aligned} d_s &= 1.128\sqrt{\frac{q_v}{w_{sn}3600 \times 0.95}} \\ &= 0.0193\sqrt{q_v/w_{sn}} \end{aligned} \quad (4-95)$$

q_v ——冷风机风量 (m^3/h)。

w_s ——送风口风速 (m/s)。

n ——送风口个数 (个)。

将公式

$$\frac{\sqrt{F}}{d_s} = 51.81 \sqrt{\frac{B H w_s}{q_v}} \quad (4-96)$$

把假定的风速代入公式内,求得 \sqrt{F}/d_s 值,查表4-38中建议的 w_s 值,两者吻合即可。

W_s 的建议值

表 4-38

| 射流自由度 \sqrt{F}/d_s | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|--------------------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 最大允许送风速度 $w_s(\text{m}/\text{s})$ | 1.81 | 2.17 | 2.54 | 2.83 | 3.3 | 3.6 | 4.0 | 4.4 | 4.7 | 5.1 | 7.2 | 9.8 | 10.8 |
| 建议采用 $w_s(\text{m}/\text{s})$ | 2.0 | | | 3.5 | | | 5.0 | | | | | | |

(4) 贴附长度校核计算:

$$Ar = \frac{\Delta t_s d_s g}{w_s^2 T}$$

(4-97)

式中: Ar ——阿基米德准数。

g ——重力加速度。

T ——工作区绝对温度 (K)。

查图4-28得 x/d_s ,求 x 。当 x 大于或等于要求的贴附长度,即满足要求。

(5) 校核房间高度 $H(\text{m})$ 为:

$$H = h + s + 0.07x + 0.3$$

(4-98)

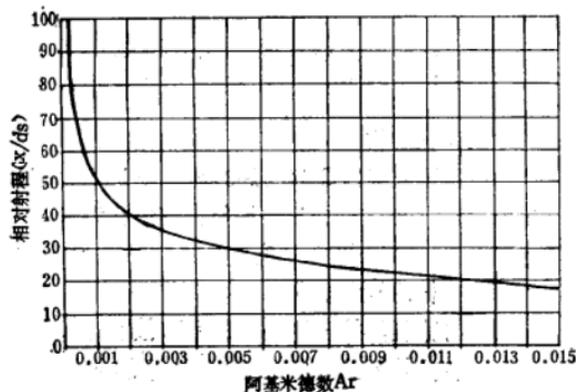


图 4—28 相对射程 $\frac{x}{ds}$ 和阿基米德数 Ar 关系曲线

式中： h ——工艺要求工作区高度（m）。

s ——送风口下缘到顶棚的距离（m）。

0.3——安全系数。

x ——射程（m）。

当 H 等于或小于房间高度，即满足要求。

六、盐水制冰

（一）盐水的要求

制冰池内盐水温度应保持在 -10 — -14 ℃。盐水的浓度决定于盐水的工作温度，其凝固点一般比制冷剂的蒸发温度低 5 — 6 ℃。氯化钠水溶液用于 -16 ℃ 以上的蒸发温度，氯化钙水溶液用于 -50 ℃ 以上的蒸发温度。

氯化钠和氯化钙水溶液的特性分别见表 2—7、表 2—8。

盐水的 pH 值宜在 7 — 9 之间略带碱性为好，pH 值小于 7 或大于 9 ，都会加剧对金属的腐蚀作用。为了减轻和防止其腐蚀性，在盐水中可加入适量的防腐剂。一般采用氢氧化钠（NaOH）和重铬

酸钠 ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)。重铬酸钠与氢氧化钠的比例为100:27, 即每100kg重铬酸钠中需加27kg氢氧化钠。

重铬酸钠所加入的量与盐水种类和数量有关, 一般规定为: 每 1m^3 氯化钙水溶液中加入重铬酸钠1.6kg和氢氧化钠0.43kg; 每 1m^3 氯化钠水溶液中加入重铬酸钠3.2kg和氢氧化钠0.86kg。

(二) 水的物理性质

1. 水的比热 $4.187\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ 。

2. 水的潜热 $334.94(\text{kJ}/\text{kg})$ 。

3. 冰的比热 $2.093\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ (0—-26 $^\circ\text{C}$ 时)。

4. 冰的导热系数 $2.326\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ (0—-26 $^\circ\text{C}$ 时)。

5. 冰的密度 $917\text{kg}/\text{m}^3$ 。

6. 水结成冰时, 其体积膨胀约为9%。

(三) 冰桶规格及冻结时间

1. 冰桶规格

根据国家标准GB4601-84冰桶按冰块重量, 定为125、100、50kg三种规格。其形状和基本尺寸见图4-29和表4-39。

2. 冰桶的技术要求

(1) 冰桶的接合缝可采用焊接型式, 也可采用铆钉连接型式。焊接型式的焊缝设在短边中线处, 铆接型式铆缝设在长边短边交接线处。

(2) 桶身的两个长边沿中线做内向R10—16的加强槽(如图)。

(3) 制冰桶内表面要平整、光滑、无划痕、无毛刺、无锈斑。

(4) 制冰桶采用的材料见表4-40。

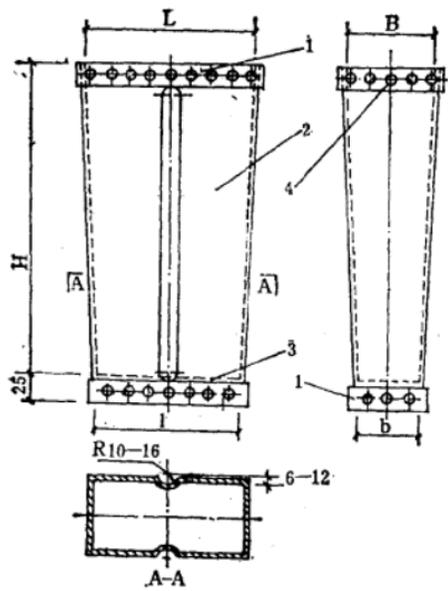


图 4-29 冰桶

冰桶基本尺寸 (mm) 表 4-39

| 型 号 | L | B | l | b | H |
|--------|-----|-----|-----|-----|------|
| ZBT125 | 550 | 275 | 525 | 250 | 1190 |
| ZBT100 | 500 | 250 | 475 | 225 | 1180 |
| ZBT50 | 400 | 200 | 375 | 175 | 985 |

冰桶部件材料 表 4-40

| 序号 | 名 称 | 材 料 | 附 注 |
|----|--------|------------------------------|----------|
| 1 | 上、下口边框 | A ₃ 50×6或40×6扁钢 | GB704-65 |
| 2 | 桶 身 | A ₃ 1.5-2mm厚镀锌薄钢板 | YB181-65 |
| 3 | 桶 底 | A ₃ 1.5-2mm厚镀锌薄钢板 | YB181-65 |
| 4 | 平头铆钉 | A ₃ | GB109-76 |

(5) 冰桶须做防锈处理。

(6) 冰桶外表面的平面度用直尺做透光检查时 200mm内不超过 1mm。

(7) 冰桶加工尺寸按 IT15级精度检查。

(8) 冰桶不得渗水、漏水。

3. 冻结时间 t [h] 为

$$t = -A\delta(\delta + B)/t_y \quad (4-99)$$

式中: δ ——冰块上端厚度 (m)。

t ——水在冰桶中冻结的时间 (h)。

A 、 B ——系数, 与冰块横断面长边与短边之比有关。见表 4-41。

系数 A、B 值表

表 4-41

| 冰块横断面的长边与短边之比 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 4 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A | 3120 | 4060 | 4540 | 4830 | 5320 |
| B | 0.036 | 0.030 | 0.026 | 0.024 | 0.023 |

t_y ——制冰池内盐水温度 (°C)。

4. 冰桶数量

$$\begin{aligned} n &= G(t + t_g) \times 1000 / 24m \\ &= 41.5G(t + t_g) / m \end{aligned} \quad (4-100)$$

式中: n ——冰桶个数 (只)。

G ——冰的生产能力 (t/24h)。

m ——每块冰的重量 (kg)。

t ——水在冰桶中冻结的时间 (h)。

t_g ——由制冰池提冰、脱冰、加水, 再放入制冰池, 这些作业所需的时间。一般可取 0.1—0.15h。

(四) 盐水制冰冷负荷 ΣQ [W] 的计算

$$\Sigma Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5) 1.15 \quad (4-101)$$

式中: Q_1 ——制冰池传热量 (W)。

Q_2 ——水冷却、冻结的热量 (W)。

Q_3 ——冰桶热量 (W)。

Q_4 ——脱冰时的融化损失 (W)。

Q_5 ——盐水搅拌器热量 (W)。

1.15——冷桥及其他热损失系数

1. 制冰池传热量

$$Q_1 = \Sigma AK(t - t_y) \quad (4-102)$$

式中: A ——制冰池底、壁、顶面的面积 (m^2)。

K ——制冰池的传热系数 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 。

池底、池壁采用 $K = 0.58 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ，

池顶采用 $K = 2.33 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 。

t ——制冰间空气温度 ($^\circ C$)，一般取 15—20 $^\circ C$ 。

t_y ——盐水温度 ($^\circ C$)。

2. 水冷却和冻结的热量

$$\begin{aligned} Q_2 &= 1000G [C_1(t_s - 0) + L \\ &\quad + C_2(0 - t_b)] \cdot 0.2778/24 \\ &= 277.8G(C_1 t_s + L - C_2 t_b)/24 \end{aligned} \quad (4-103)$$

式中: G ——制冰池生产能力 ($t/24h$)。

C_1 ——水的比热 $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$ 。

C_2 ——冰的比热 $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$ 。

L ——水的潜热 (kJ/kg)。

t_s ——制冰用水的温度 ($^\circ C$)。

t_b ——冰的终温，一般较盐水温度高 2 $^\circ C$ ($^\circ C$)。

0.2778——千焦耳/时换算成瓦。

3. 冰桶的热量

$$\begin{aligned} Q_3 &= 1000Ggd(t_s - t_y)c \times 0.2778/24m \\ &= 277.8Ggd(t_s - t_y)c/24m \end{aligned} \quad (4-104)$$

式中: G ——制冰池生产能力 ($t/24h$)。

gd ——每个冰桶的重量 (kg)。

m ——每块冰的重量 (kg)。

t_s ——原料水温度 ($^\circ C$)。

t_y ——盐水温度 ($^\circ C$)。

c ——钢的比热 $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$ 。

4. 脱冰时的融化损失

$$Q_4 = 917 A_b \delta Q_2 / m \quad (4-105)$$

式中: A_b ——每块冰的表面积 (m^2)。

δ ——冰块融化层厚度 (m)，一般采用 0.002。

m ——每块冰的重量 (kg)。

917——冰的密度 (kg/m^3)。

5. 盐水搅拌器热量

$$Q_5 = 1000P \quad (4-106)$$

式中: P ——搅拌器功率 (kW)。

(五) 盐水制冰蒸发器面积计算

盐水制冰蒸发器常用的有立管式、V型管式和螺旋管式三种。蒸发器面积按下式计算。

$$A = Q/K \Delta t_m = Q/q_A \quad (4-107)$$

式中: A ——蒸发器面积 (m^2)。

Q ——蒸发器负荷 (W)，按公式 (4-101)。

K ——蒸发器传热系数 ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$)，见表 4-18。

q_A ——蒸发器单位面积负荷 (W/m^2)，见表 4-18。

Δt_m ——制冷剂与盐水之间的对数平均温差 ($^\circ C$)，见表 4-18。

(六) 盐水搅拌器流量

$$q_v = w_y f \quad (4-108)$$

式中: q_v ——盐水搅拌器流量 (m^3/s)。

w_y ——盐水流速，蒸发器管间不小于 0.7 m/s ，冰桶之间取 0.5 m/s 。

f ——蒸发器部分或冰桶之间盐水流经的净断面积 (m^2)。

七、氨压缩机及辅助设备的布置

(一) 机房内设备布置的原则

1. 设备布置应符合工艺流程、安全规程以及操作方便的要求,并需要有适当的空隙,以便设备部件的拆卸和检修。同时亦应考虑到尽可能布置紧凑,充分利用机房的空 间,以节省建筑面积。

2. 机器间内主要操作通道的宽度应为1.5—2.5m,压缩机突出部分到配电盘或分配站之间的距离不应小于1.5m。两台压缩机突出部位之间的距离不应小于1 m,如轴承同向时,能有抽出曲轴的可能。非主要通道的宽度应不小于0.8 m。

3. 设备间内主要通道的宽度不应小于1.5m,非主要通道的宽度不小于0.8m。

4. 水泵和滤油设备不宜布置在机器间或设备间内。

(二) 压缩机的布置

1. 压缩机的压力表及其他操作仪表应面向主要操作通道。

2. 压缩机进气、排气阀门应位于或接近于主要操作通道。

3. 压缩机进气、排气阀门的设置高度宜在1.2—1.5m之间。

(三) 中间冷却器的布置

1. 中间冷却器应尽量做到多台压缩机合用,以便利操作。

2. 中间冷却器应设置自动液位控制器和超高液位报警。正常液位可按制造厂规定的液位高度进

行控制。报警液位控制在桶身高度2/3处。

3.中间冷却器必须设置安全阀(或自动旁通阀)、压力表和液面指示器。

(四)油分离器的布置

1.凡不带自动回油装置的油分离器,应设在室外,如采用卧式冷凝器时,不受此限制。

2.专供融霜用热氨的干式油分离器,可设置在设备间内。

3.洗涤式油分离器,其进液口必须比冷凝器的出液口低250mm,该油分离器的进液管应从冷凝器出液管的底部接出。

4.干式油分离器上应装设油面指示器。

(五)冷凝器的布置

1.冷凝器布置在室外的应尽量避免太阳直接照

射。卧式冷凝器,不得设在露天。

2.立式冷凝器应布置在室外,冷凝器的水池壁与设备间墙面一般应有3m的间距,以减少冷却水外溅时损坏墙面。

3.淋浇式冷凝器布置时,应将排管正面垂直于该地区夏季的主导风向。

4.蒸发式冷凝器的布置应符合下列要求。

(1)蒸发式冷凝器的顶部,应高出邻近建筑物300mm,至少不低于邻近建筑物的高度,以免排出的热和湿空气,沿墙面回流至进风口。如不能满足上述要求时,应在蒸发式冷凝器顶部出风口上装设渐缩口风筒,以提高出口风速,提高排气高度,减少回流。

(2)蒸发式冷凝器与邻近建筑物的间距,一般应不小于下列的间距。

当蒸发式冷凝器四周都是实墙时,进风口侧的最小间距为1800mm,非进风口侧的最小间距为900mm。

当蒸发式冷凝器处于三面是实墙，一面是空花墙时，进风口侧的最小间距为900mm，非进风口侧的最小间距为600mm。

(3) 两台蒸发式冷凝器之间的间距，如两者都是进风口侧，最小间距为1800mm。如一台为进风口侧，另一台为非进风口侧，最小间距为900mm。如两台都不是进风口侧时，最小间距为600mm。

(4) 如蒸发式冷凝器采用同轴连接的离心式风机或水盘内设有电加热器时，则上述(2)、(3)条内的最小间距应适当加大，以利维修。

(5) 蒸发式冷凝器的水盘离地不宜小于500mm，以便于管道连接、水盘检漏和防止地面脏物被风机吸入。

(6) 对大能量装置，需要设置多台蒸发式冷凝器于同一平台，而要求的最小间距又不能保证时，该处将形成自己的环境空气，选择冷凝器时应适当提高计算湿球温度。

5. 采用立式或卧式冷凝器；在布置时应留有通

洗和更换管子的空间余地。

6. 冷凝器的安装高度，必须保证其液体按自流条件流入贮液器内。

7. 冷凝器上应装设压力表和安全阀。

(六) 贮液器的布置

1. 贮液器应设置在冷凝器附近。安装高度，必须保证冷凝器内的液体能借助液位差自流流入器内。

2. 贮液器若布置在室外，应防止太阳直接照射。

3. 如采用两个以上的贮液器时，应在贮液器的底部设均压管相互连接。均压管上应装截止阀。

4. 贮液器上应装设压力表和安全阀，并在显著位置装设液面指示器。

(七) 排液桶的布置

1. 排液桶一般布置在设备间内, 并尽可能设置在靠近冷库的一侧。

2. 排液桶的进液口不得与该容器的降压管合用一个管接口, 以免液体进入吸入管道系统中。

3. 排液桶应设加压管、压力表、安全阀和液面指示器。

(八) 机房氨液分离器的布置

1. 氨液分离器应设排液装置, 并能保证其液体借液位差自流入低压贮液器(或排液桶)。氨液分离器与低压贮液器(或排液桶)之间, 应设气体均压管。

2. 禁止在氨液分离器的气体进出管之间设旁通阀。

3. 氨液分离器应设超高液位报警装置, 超高液位控制在桶长高度的 $2/3$ 处。

4. 氨液分离器上应设置压力表和安全阀。

(九) 低压贮液器的布置

1. 低压贮液器是与机房氨液分离器配套使用的, 所以应设置在机房氨液分离器的下面。

2. 低压贮液器的进液口必须低于机房氨液分离器的排液口, 以保证氨液分离器的液体借液位差自流入桶内。

3. 低压贮液器应设置加压管、压力表、安全阀和液位指示器。

4. 低压贮液器应设置超高液位报警装置, 超高液位控制在该容器容积的 70% 。

(十) 低压循环桶的布置

1. 低压循环桶是专为氨泵供液系统所设, 它应

设置在靠近氨泵处。它的设置高度应满足公式4—61的要求，或按经验数据选用；采用离心泵时，泵中心与低压循环桶正常液位之间的距离不得小于泵的 $NPSH + 0.5m$ ；采用齿轮泵时，低压循环桶出液口至泵中心距离，当氨泵进出口两侧压差小于1000 kPa时，应等于或大于600mm。

2. 低压循环桶应设置自动液位控制器和超高液位报警，正常液位控制在桶身全长距桶底 $1/3$ 处，报警液位控制在桶身全长距桶顶 $1/3$ 处。

3. 低压循环桶必须设置安全阀、压力表和液面指示器。

八、冷间冷却设备的布置

(一) 冻结物冷藏间

1. 顶排管上层管中心线离平顶的间距不小于250mm。单层和多层冷库的顶层一般均将顶排管铺

开布置，多层冷库顶层以外的冷藏间，顶排管可铺开布置，也可集中布置在走道的上方。

2. 墙排管应设置在靠外墙一边离地面较高处。墙排管的管中心线与墙壁的间距不小于150mm。

3. 采用冷风机时，冷风机应尽量不设在靠近库门的地方。如设置在门口附近时，应采取措施（如利用门斗或挡板等）尽量使冷风机与门口隔开，以免过多地吸入室外的热湿空气。

(二) 冷却物冷藏间

1. 冷风机应布置在冷间走道的一端，冷风机离墙间距不小于400mm。

2. 均匀送风道应布置在冷间走道的上面，风道离顶不小于50mm。

3. 冷风机可采用水冲霜或热氨融霜。

4. 专门贮存水果、蔬菜的冷却物冷藏间，应考虑新鲜空气换气。新鲜空气用风管引至冷风机下

部，经冷却后由均匀送风道送至室内。排风道分散或集中均可。每间换气的进、出风管分别装保温门或保温阀。

（三）储冰间

储冰间采用光滑顶排管，不采用墙排管和翅片管。顶排管铺开布置，顶管上层管中心线离平顶间距不小于250mm。

（四）冻结间

1. 冻结间吊轨离地标高：冻猪白条肉为2300—2500mm；冻鱼虾为2100—2300mm。

2. 冻结间吊轨间距：冻猪白条肉，人工推动，轨距750—850mm，机械传动900—1000mm；冻鱼虾轨距，人工推动1000—1100mm。吊轨离墙或柱边间距不小于轨距的1/2。吊轨离冷风机距离：采

用上吹风冷风机时为500—600mm，采用下吹风冷风机时为1400—1500mm。

3. 冻盘装食品时，每间冻结间最多装设两条吊轨。

4. 冻结间冷风机采用水冲霜和热氨融霜。平时用水冲霜，冷风机排油时，用水和热氨同时融霜。

5. 纵向吹风冻结间

（1）冷风机安装在冻结间的一端，冷风机离墙间距300—400mm。

（2）房间长度超过10m时，吊轨上应设导风木板，导风木板上应开出风口，出风口沿吊轨方向开设，宽度30—50mm。

（3）导风木板与平顶之间的间距不小于800mm，导风木板上应留1m×1m人孔。

6. 横向吹风冻结间

（1）冷风机安装在冻结间的一侧，冷风机离墙间距300—400mm。

（2）冻结猪、牛、羊白条肉时，吊轨上面不

设导风木板，冻盘装食品时，应考虑风的均匀性，并使气流横向通过盘装食品。

7. 吊顶式冷风机冻结间

(1) 吊顶式冷风机可以吊装在平顶上，也可以加固在吊轨的钢梁上。吊顶式冷风机的配水装置如系水盘配水，应严格要求在安装时保持水盘的水平度。为了便于检修和清洗配水盘，冷风机顶与平顶间应留有不小于500mm的距离。

(2) 吊顶式冷风机无论是单向或双向，无论是横向布置或纵向布置，空气出口处均应设置导流板。

(3) 采用水冲霜时，要十分注意防止冷风机滴水、溅水现象的出现。

8. 吹风式搁架排管冻结间

(1) 为了使冷空气形成水平气流通过产品，应设有导流装置，货间风速为1—2 m/s，搁架每层喷风口的风速采用4 m/s。

(2) 搁架排管间的走道应考虑手推车的进

出。

(3) 吹风式搁架排管目前配风量采用每吨食品配10000m³风量。

第五章 氨系统管道设计

氨系统管道设计是用经过计算选定的管道，按各管段的设计要求，将氨压缩机、设备及阀门等附件连成一个密闭的制冷循环整体。

一、氨系统制冷管道的管径计算

氨系统制冷管道的管径计算是由氨制冷剂的流量（或负荷），摩擦阻力（压力降）和流体的流速决定。

在管道系统中允许压力降（ Δp ）和允许流速（ w ）应符合表 5—1 和表 5—2 的规定。

• 338 •

氨制冷管道允许压力降 表 5—1

| 类别 | 工作温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 允许压力降 kPa(kgf/cm ²) |
|---------|--------------------------------|------------------------------------|
| 吸气管或回气管 | -45 | 3.00(0.0305) |
| | -40 | 3.76(0.0383) |
| | -33 | 5.08(0.0516) |
| | -28 | 6.18(0.0630) |
| | -15 | 9.91(0.1010) |
| | -10 | 11.67(0.1190) |
| 排气管 | 90—150 | 19.61(0.2000) |

注：1.吸气管或回气管允许压力降相当于饱和温度降低 1 $^{\circ}\text{C}$ 。
2.排气管允许压力降相当于饱和温度降低 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 。

氨制冷管道允许流速

表 5—2

| 类 别 | 工作温度 (℃) | 允许流速 (m/s) |
|---------|-------------|---------------|
| 高压自流输液管 | 25—40 | 0.5 |
| 高压氨液管 | 25—40 | 0.5—1.5 |
| 氨泵液管 | -10—-45 | 0.5—1.5 |

注：高压自流输液管允许流速相当于非满管流重力流动。

氨吸气管当量长度100m，允许压力降相当于饱和温度差 $\Delta t = 1 - 0.5$ 条件下制冷负荷量(kW)见表5—3。

氨吸气管、排气管和液体管当量长度100m，允许压力降相当于饱和温度差 $\Delta t = 2$ ℃条件下制冷负荷量[kW]见表5—4。

(一) 氨单相流吸气管负荷量(kW)

系指以100m当量管长的摩阻引起压力降 Δp 负荷量(kW)。
 [kPa]和相应饱和温度差 $\Delta t=0.5-1^{\circ}\text{C}$ 条件下制冷

表 5-3

| 钢管公 称直径 (mm) | 饱和吸气温 度($^{\circ}\text{C}$) | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|
| | -50 | | -40 | | -30 | |
| | $\Delta t=0.5(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p=1.21(\text{kPa})$ | $\Delta t=1(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p=2.42(\text{kPa})$ | $\Delta t=0.5(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p=1.92(\text{kPa})$ | $\Delta t=1(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p=3.84(\text{kPa})$ | $\Delta t=0.5(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p=2.91(\text{kPa})$ | $\Delta t=1(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p=5.82(\text{kPa})$ |
| 10 | 0.19 | 0.29 | 0.35 | 0.51 | 0.58 | 0.85 |
| 15 | 0.37 | 0.55 | 0.65 | 0.97 | 1.09 | 1.60 |
| 20 | 0.80 | 1.18 | 1.41 | 2.08 | 2.34 | 3.41 |
| 25 | 1.55 | 2.28 | 2.72 | 3.97 | 4.48 | 6.51 |
| 32 | 3.27 | 4.80 | 5.71 | 8.32 | 9.36 | 13.58 |
| 40 | 4.97 | 7.27 | 8.64 | 12.57 | 14.15 | 20.49 |
| 50 | 9.74 | 14.22 | 16.89 | 24.50 | 27.57 | 39.82 |
| 65 | 15.67 | 22.83 | 27.13 | 39.27 | 44.17 | 63.77 |
| 80 | 28.08 | 40.81 | 48.36 | 69.99 | 78.68 | 113.30 |

(续)

| 钢管公 称直径 (mm) | 饱和吸气温 度 (°C) | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|
| | -50 | | -40 | | -30 | |
| | $\Delta t = 0.5(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 1.21(\text{kPa})$ | $\Delta t = 1(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 2.42(\text{kPa})$ | $\Delta t = 0.5(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 1.92(\text{kPa})$ | $\Delta t = 1(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 3.84(\text{kPa})$ | $\Delta t = 0.5(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 2.91(\text{kPa})$ | $\Delta t = 1(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 5.82(\text{kPa})$ |
| 100 | 57.95 | 84.10 | 99.50 | 143.84 | 161.77 | 232.26 |
| 125 | 105.71 | 153.05 | 181.16 | 261.22 | 293.12 | 420.83 |
| 150 | 172.28 | 248.91 | 294.74 | 424.51 | 476.47 | 683.18 |
| 200 | 356.67 | 514.55 | 609.20 | 874.62 | 981.85 | 1402.03 |
| 250 | 649.99 | 937.58 | 1107.64 | 1589.51 | 1782.31 | 2545.46 |
| 300 | 1045.27 | 1504.96 | 1777.96 | 2550.49 | 2859.98 | 4081.54 |

| 钢管公 称直径 (mm) | 饱和吸气温 度 (°C) | | | | | |
|--------------------|---|---|---|--|---|--|
| | -20 | | -5 | | +5 | |
| | $\Delta t = 0.5(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 4.22(\text{kPa})$ | $\Delta t = 1(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 8.44(\text{kPa})$ | $\Delta t = 0.5(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 6.92(\text{kPa})$ | $\Delta t = 1(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 13.83(\text{kPa})$ | $\Delta t = 0.5(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 9.26(\text{kPa})$ | $\Delta t = 1(^{\circ}\text{C})$ $\Delta p = 18.53(\text{kPa})$ |
| 10 | 0.91 | 1.33 | 1.66 | 2.41 | 2.37 | 3.42 |
| 15 | 1.72 | 2.50 | 3.11 | 4.50 | 4.42 | 6.37 |
| 20 | 3.66 | 5.31 | 6.61 | 9.53 | 9.38 | 13.46 |
| 25 | 6.98 | 10.10 | 12.58 | 18.09 | 17.79 | 25.48 |

(续)

| 钢管公 称直径 (mm) | 饱和吸气温 度(℃) | | | | | |
|------------------------|---|---|---|--|---|--|
| | -20 | | -5 | | +5 | |
| | $\Delta t = 0.5(℃)$ $\Delta p = 4.22(kPa)$ | $\Delta t = 1(℃)$ $\Delta p = 8.44(kPa)$ | $\Delta t = 0.5(℃)$ $\Delta p = 6.92(kPa)$ | $\Delta t = 1(℃)$ $\Delta p = 13.83(kPa)$ | $\Delta t = 0.5(℃)$ $\Delta p = 9.26(kPa)$ | $\Delta t = 1(℃)$ $\Delta p = 18.53(kPa)$ |
| 32 | 14.58 | 21.04 | 26.17 | 37.56 | 39.94 | 52.86 |
| 40 | 21.99 | 31.73 | 39.40 | 56.39 | 55.53 | 79.38 |
| 50 | 42.72 | 61.51 | 76.29 | 109.28 | 107.61 | 153.66 |
| 65 | 68.42 | 98.23 | 122.06 | 174.30 | 171.62 | 245.00 |
| 80 | 121.52 | 174.28 | 216.15 | 308.91 | 304.12 | 433.79 |
| 100 | 249.45 | 356.87 | 442.76 | 631.24 | 621.94 | 885.81 |
| 125 | 452.08 | 646.25 | 800.19 | 1139.74 | 1124.47 | 1598.31 |
| 150 | 733.59 | 1046.77 | 1296.07 | 1846.63 | 1819.59 | 2590.21 |
| 200 | 1506.11 | 2149.60 | 2662.02 | 3784.58 | 3735.65 | 5303.12 |
| 250 | 2731.90 | 3895.57 | 4818.22 | 6851.91 | 6759.98 | 9589.56 |
| 300 | 4378.87 | 6237.23 | 7714.93 | 10973.55 | 10810.65 | 15360.20 |

(二) 氨单相流吸气管、排气管和液体管负荷量[kW] (适用单级或高压级)

表 5-4

| 钢管公称直径 (mm) | 吸 气 管 $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ | | | | | 排气管 $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 68.4\text{kPa}$ | | | 液 体 管 | | |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--------|--------|----------------|-------------------|-----------------------------|
| | 饱 和 吸 气 温 度 ($^{\circ}\text{C}$) | | | | | 饱 和 吸 气 温 度 ($^{\circ}\text{C}$) | | | 钢管公称直径 (mm) | 速度 = 0.5 (m/s) | $\Delta p = 45.00$ (kPa) |
| | -40 $\Delta p = 7.69$ | -30 $\Delta p = 11.63$ | -20 $\Delta p = 16.88$ | -5 $\Delta p = 27.66$ | +5 $\Delta p = 37.05$ | -40 | -20 | +5 | | | |
| 10 | 0.8 | 1.2 | 1.9 | 3.5 | 4.9 | 8.0 | 8.3 | 8.5 | 10 | 39.7 | 63.8 |
| 15 | 1.4 | 2.3 | 3.6 | 6.5 | 9.1 | 14.9 | 15.3 | 15.7 | 15 | 63.2 | 118.4 |
| 20 | 3.0 | 4.9 | 7.7 | 13.7 | 19.3 | 31.4 | 32.3 | 33.2 | 20 | 110.9 | 250.2 |
| 25 | 5.8 | 9.4 | 14.8 | 25.9 | 36.4 | 59.4 | 61.0 | 62.6 | 25 | 179.4 | 473.4 |
| 32 | 12.1 | 19.6 | 30.2 | 53.7 | 75.4 | 122.7 | 126.0 | 129.4 | 32 | 311.0 | 978.0 |
| 40 | 18.2 | 29.5 | 45.5 | 80.6 | 113.3 | 184.4 | 189.4 | 194.5 | 40 | 423.4 | 1469.4 |
| 50 | 35.4 | 57.2 | 88.1 | 155.7 | 218.6 | 355.2 | 364.9 | 374.7 | 50 | 697.8 | 2840.5 |
| 65 | 56.7 | 91.6 | 140.6 | 248.6 | 348.9 | 565.9 | 581.4 | 597.0 | 65 | 994.8 | 4524.8 |
| 80 | 101.0 | 162.4 | 249.0 | 439.8 | 616.9 | 1001.9 | 1029.3 | 1056.9 | 80 | 1536.3 | 8008.8 |
| 100 | 206.9 | 332.6 | 509.2 | 897.8 | 1258.6 | 2042.2 | 2098.2 | 2154.3 | 100 | 2647.2 | 16320.2 |

(续)

| 钢管公称直径 (mm) | 吸 气 管 $\Delta t = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ | | | | | 排气管 $\Delta t = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 68.4\text{ kPa}$ | | | 液 体 管 | | |
|----------------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---|---------|---------|----------------|-------------------|-----------------------------|
| | 饱和吸气温度 ($^{\circ}\text{C}$) | | | | | 饱和吸气温度 ($^{\circ}\text{C}$) | | | 钢管公称直径 (mm) | 速度 = 0.5 (m/s) | $\Delta p = 45.00$ (kPa) |
| | -40 $\Delta p = 7.69$ | -30 $\Delta p = 11.63$ | -20 $\Delta p = 16.88$ | -5 $\Delta p = 27.66$ | +5 $\Delta p = 37.05$ | -40 | -20 | +5 | | | |
| 125 | 375.2 | 601.8 | 920.6 | 1622.0 | 2271.4 | 3682.1 | 3783.0 | 3384.2 | — | — | — |
| 150 | 608.7 | 975.6 | 1491.4 | 2625.4 | 3672.5 | 5954.2 | 6117.4 | 6281.0 | — | — | — |
| 200 | 1252.3 | 2003.3 | 3056.0 | 5382.5 | 7530.4 | 12195.3 | 12529.7 | 12864.8 | — | — | — |
| 250 | 2271.0 | 3625.9 | 5539.9 | 9733.7 | 13619.6 | 22028.2 | 22632.2 | 23237.5 | — | — | — |
| 300 | 3640.5 | 5813.5 | 8873.4 | 15568.9 | 21787.1 | 33239.7 | 36203.0 | 37174.3 | — | — | — |

注：(1)表中负荷量以冷凝温度 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，100m当量管长的摩阻引起压力降相当于饱和温度差 $\Delta t = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，排气管和液体管基于吸气温度 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2)对于不同工况条件下的修正：

$$Q = Q_s \cdot \left(\frac{L_s}{L} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta t_s} \right)^{0.55}$$

$$\Delta t = \Delta t_s \cdot \frac{L_s}{L} \cdot \left(\frac{Q}{Q_s} \right)^{1.8}$$

式中： Δt ——实际工况下饱和温度差($^{\circ}\text{C}$)。

Δt_s ——表中工况下饱和温度差($^{\circ}\text{C}$)。

Q ——实际工况下负荷量(kW)。

Q_s ——表中工况下负荷量(kW)。

L ——实际工况下当量管长(m)。

L_s ——表中工况下当量管长为100m。

(3)表中负荷量以冷凝温度 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为基准，对其他冷凝温度工况下负荷量，以下面换算系数乘表中负荷量。

| | 冷凝温度($^{\circ}\text{C}$) | | | |
|----------------|----------------------------|------|------|------|
| | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 吸 气 管 | 1.04 | 1.00 | 0.96 | 0.91 |
| 排 气 管 (热气管) | 0.86 | 1.00 | 1.24 | 1.43 |

(三) 管长小于30m氨管管径计算

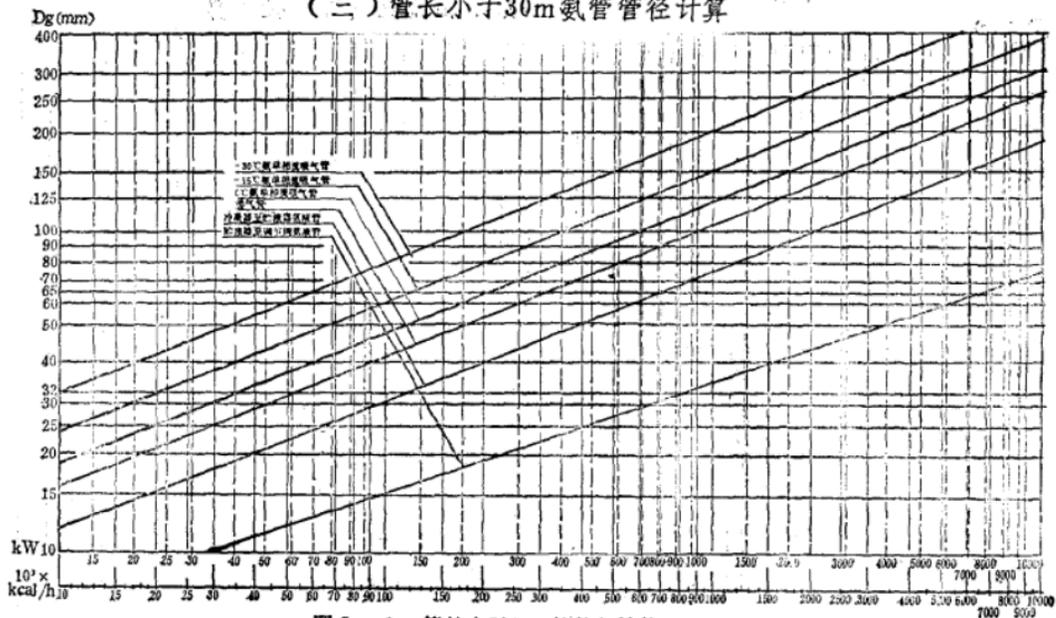


图 5-1 管长小于30m管管径计算图

注：本图表制定时总压力损失的依据如下：

吸气管 $t_z = -30^\circ\text{C}$ $\Sigma\Delta P \leq 1.471 \text{ kPa}$ (0.015 kgf/cm^2)
 $t_z = -15^\circ\text{C}$ $\Sigma\Delta P \leq 2.942 \text{ kPa}$ (0.030 kgf/cm^2)

$t_z = 0^\circ\text{C}$ $\Sigma\Delta P \leq 5.884 \text{ kPa}$ (0.060 kgf/cm^2)
 排气管 $\Sigma\Delta P \leq 5.884 \text{ kPa}$ (0.060 kgf/cm^2)

(四) 蒸发温度 -15°C 氨单相流吸气管管径计算

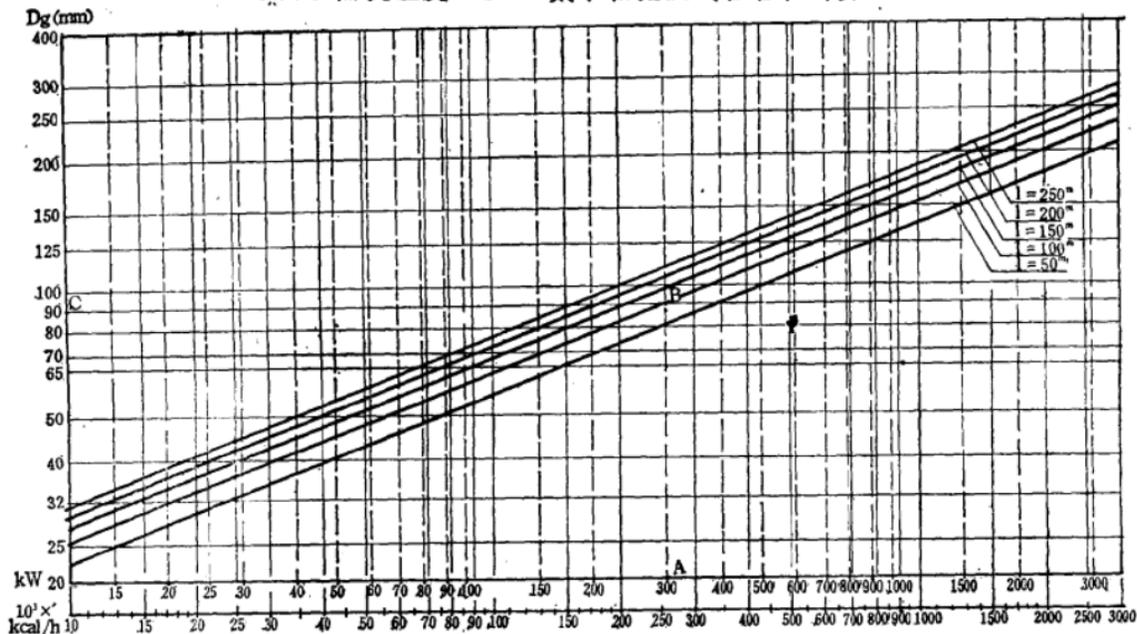


图 5-2 -15°C 氨单相流吸气管管径计算图

注：管径系根据总压力损失 $\Sigma P \leq 12.256 \text{kPa}$ (0.1256kgf/cm^2) 计算确定，该压力损失相当于蒸发温度降低约 1°C 及压缩机制冷量降低 4%。

例：已知氨制冷系统单相流吸气管负荷为300 kW (257940kcal/h)，蒸发温度 -15°C ，管道当量总长100m，计算吸气管管径。

解：查图5-2，从吸气管负荷的横座标A点(300kW)处垂直向上，交于当量总长100m转折线，B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管钢管公称直径为90mm，选用最接近的钢管公称直径100mm。

例：已知氨制冷系统单相流吸气管负荷为300 kW (257940kcal/h)，蒸发温度 -28°C ，管道当量总长100m，计算吸气管管径。

解：1.用查表法，查表5-3当氨饱和吸气温度 -30°C ， $\Delta t=1^{\circ}\text{C}$ ，当量管长100m时，钢管公称直径100mm，吸气管负荷为232.26kW。钢管公称直径125mm，吸气管负荷为420.83kW。故在吸气管负荷300kW时，选用钢管公称直径125mm为宜。

2.查图法，查图5-3，从吸气管负荷的横座标A点(300kW)处垂直向上，交于当量总长100m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管公称直径为110mm，选用最接近的钢管公称直径125mm。

例：已知氨制冷系统单相流吸气管负荷为300kW (257940kcal/h)，蒸发温度 -33°C ，管道当量总长100m，计算吸气管管径。

解：查图5-4，从吸气管负荷的横座标A点(300kW)处垂直向上，交于当量总长100m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管钢管公称直径为124mm，选用最接近公称直径125mm。

例：已知氨制冷系统单相流吸气管负荷为300 kW (257940kcal/h)，蒸发温度 -40°C ，管道当量总长100m，计算吸气管管径。

解：1.查表法，查表5-3，当氨饱和吸气温

(五) 蒸发温度 -28°C 氨单相流吸气管管径计算

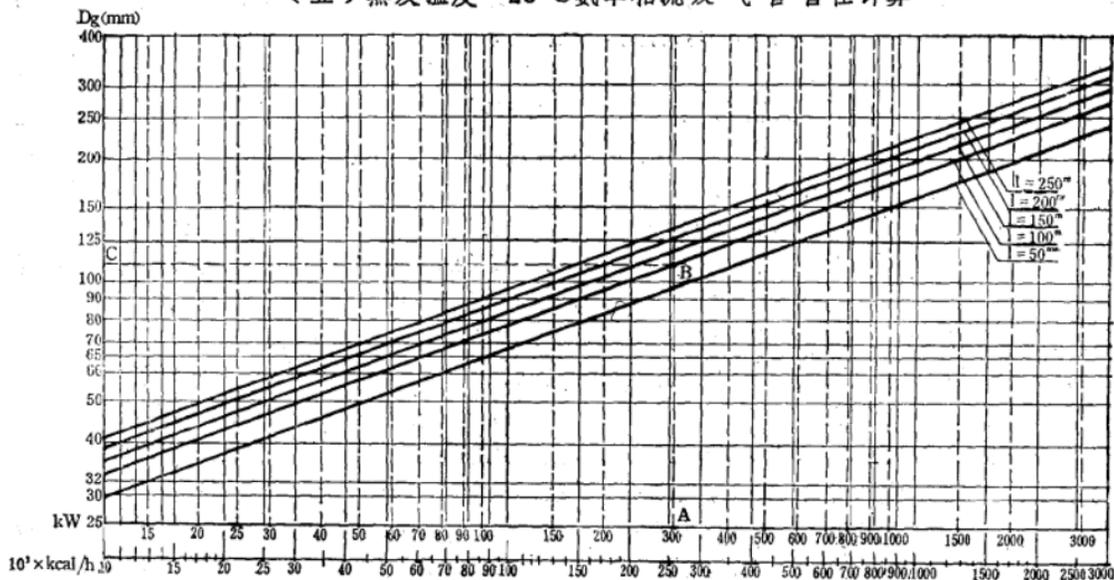


图 5—3 -28°C 氨单相流吸气管管径计算图

注：管径系根据总压力损失 $\sum \Delta P \leq 5.884 \text{kPa} (0.0600 \text{kgf/cm}^2)$ 计算确定，该压力损失相当于蒸发温度降低约 1°C 及压缩机制冷量降低 4%。

(六) 蒸发温度 -33°C 氨单相流吸气管管径计算

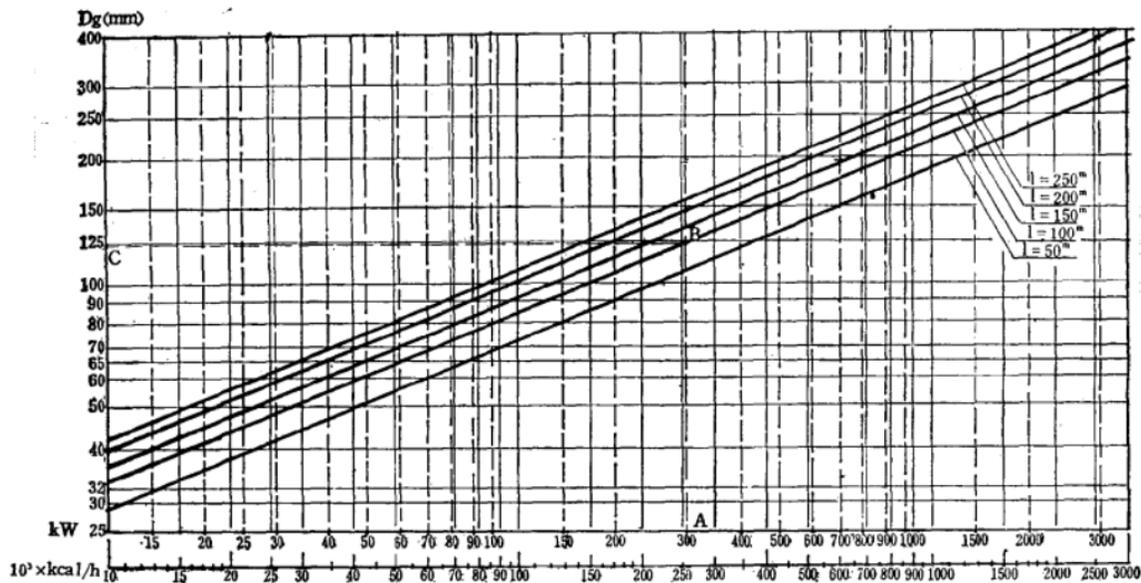


图 5—4 -33°C 氨单相流吸气管管径计算图

注：管径系根据总压力损失 $\sum \Delta P \leq 4.903 \text{kPa} (0.0500 \text{kgf/cm}^2)$ 计算确定，该压力损失相当于蒸发温度降低约 1°C 及压缩机制冷量降低 4%。

(七) 蒸发温度 -40°C 氨单相流吸气管管径计算

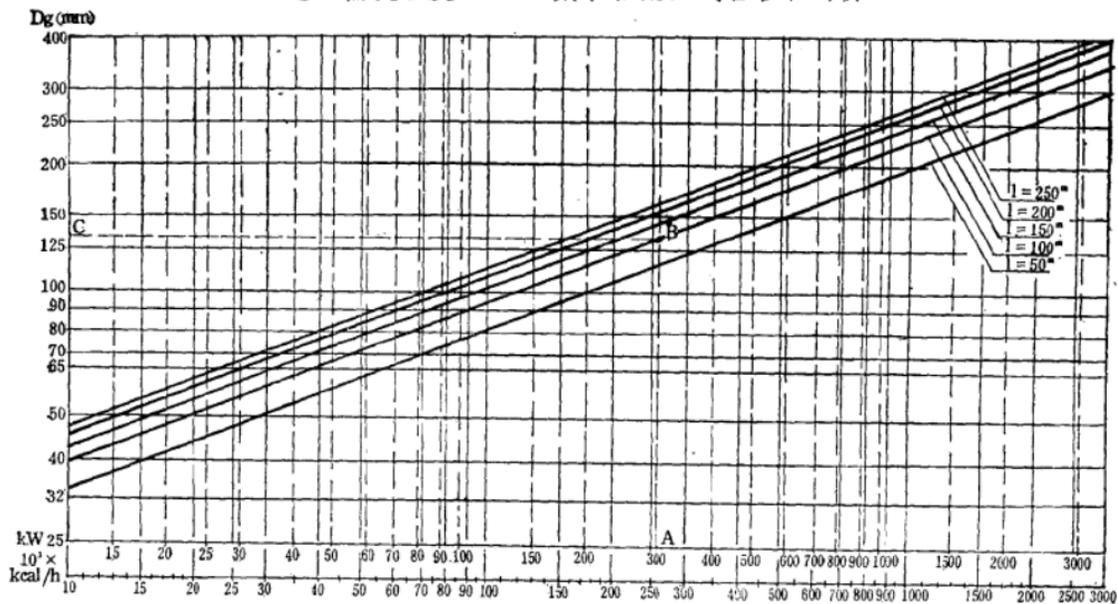


图 5-5 -40°C 氨单相流吸气管管径计算图

注：管径系根据总压力损失 $\Sigma \Delta P \leq 3.923 \text{kPa} (0.0400 \text{kgf/cm}^2)$ 计算确定，该压力损失相当于蒸发温度降低约 1°C 及压缩机制冷量降低 4%。

度 -40°C ， $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$ ，当量管长100m时，钢管公称直径125mm，吸气管负荷为261.22kW，钢管公称直径150mm，吸气管负荷为424.51kW。故在吸气管负荷300kW，选用钢管公称直径150mm为宜。

2.查图法，查图5—5，从吸气管负荷的横座标A点（300kW）处垂直向上，交于当量总长100m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管公称直径为135mm，选用最接近的钢管公称直径150mm。

例：已知氨制冷系统两相流吸气管负荷为300kW，蒸发温度 -10°C ，管道当量总长100m，氨泵供液倍数 $N = 4$ ，计算吸气管管径。

解：1.查表法，查表5—5，当蒸发温度 -10°C ， $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$ ，当量管长100m时，钢管公称直径90mm，吸气管负荷为317.56kW。故选最接近的公称直径100mm。

2.查图法，查图5—6，从吸气管负荷的横座

标A点（300kW）处垂直向上，交于当量管长100m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管公称直径为104mm，故选用最接近的钢管公称直径100mm。

例：已知氨制冷系统两相流吸气管负荷为300kW，蒸发温度 -15°C ，管道当量总长100m，氨泵供液倍数 $N = 4$ ，计算吸气管管径。

解：1.查表法，查表5—5，当蒸发温度 -15°C ， $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$ ，当量管长100m时，钢管公称直径100mm，吸气管负荷为326kW。故选用吸气管的公称直径100mm。

2.查图法，查图5—7，从吸气管负荷的横座标A点（300kW）处垂直向上，交于当量管长100m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管公称直径为112mm，故选用最接近的钢管公称直径100mm。

(八) 氨两相流吸气管负荷量 (kW)

[系指以100m当量管长的摩阻引起压力降和相 N = 4 条件下制冷负荷量[kW]。
 应饱和温度差 $\Delta t = 1^\circ\text{C}$, 氨泵的供液倍数(液气比)]

表 5—5

| 钢管公称直径 (mm) | 蒸 发 温 度 ($^\circ\text{C}$) | | | | | | | | |
|----------------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | -10 | -15 | -25 | -28 | -30 | -33 | -35 | -40 | -45 |
| 25 | 10.73 | 9.19 | 6.56 | 5.87 | 5.41 | 4.85 | 4.51 | 3.66 | 2.91 |
| 32 | 21.35 | 18.26 | 13.08 | 11.70 | 10.77 | 9.68 | 8.96 | 7.26 | 5.62 |
| 40 | 32.12 | 27.41 | 19.65 | 17.58 | 16.21 | 14.57 | 13.48 | 10.93 | 8.64 |
| 50 | 61.01 | 52.13 | 37.33 | 33.37 | 30.73 | 27.66 | 25.60 | 20.72 | 16.43 |
| 65 | 118.53 | 101.16 | 72.58 | 64.94 | 59.85 | 53.82 | 49.81 | 40.16 | 32.01 |
| 80 | 188.03 | 160.62 | 115.07 | 103.02 | 94.98 | 85.26 | 78.77 | 63.71 | 50.68 |
| 90 | 317.56 | 235.53 | 168.73 | 150.89 | 139.00 | 125.09 | 115.43 | 93.83 | 74.53 |
| 100 | 381.87 | 326.27 | 233.98 | 209.19 | 192.67 | 173.22 | 160.24 | 129.73 | 103.19 |
| 125 | 679.56 | 583.04 | 417.01 | 372.99 | 343.64 | 309.13 | 286.11 | 231.67 | 183.41 |
| 150 | 1154.81 | 918.96 | 656.40 | 586.90 | 540.56 | 487.27 | 451.76 | 365.26 | 289.97 |
| 200 | 2251.06 | 1922.86 | 1378.43 | 1232.48 | 1135.18 | 1021.66 | 945.98 | 764.51 | 605.24 |
| 250 | 4004.02 | 3420.99 | 2451.84 | 2192.37 | 2019.39 | 1824.78 | 1695.05 | 1362.99 | 1078.23 |

(九) 蒸发温度 -10°C 氨两相流吸气管管径计算

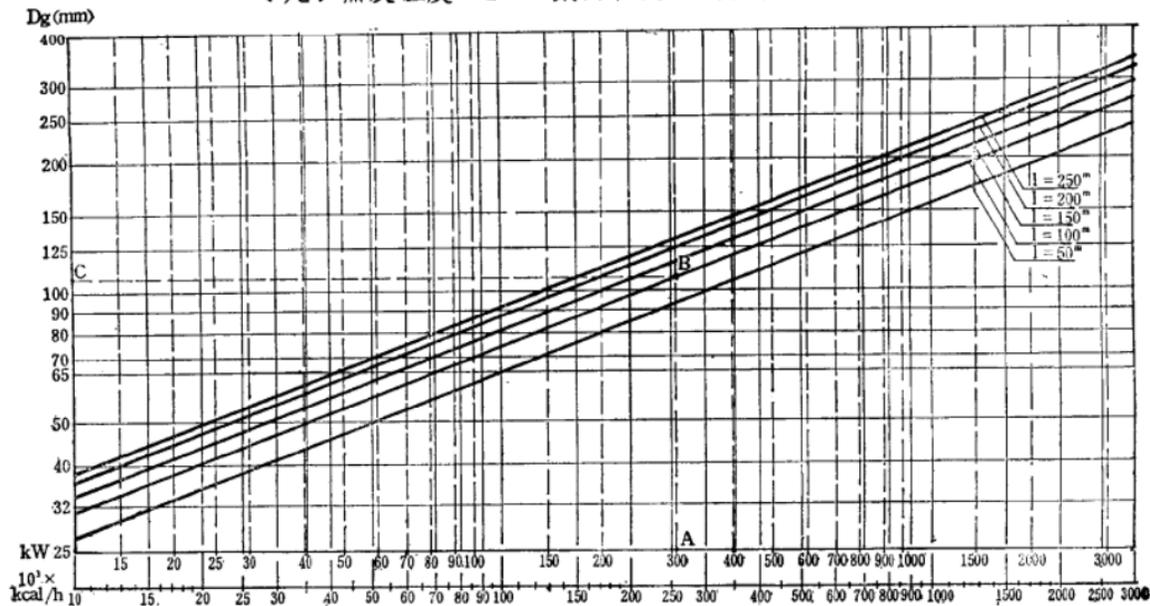


图 5—6 -10°C 氨两相流吸气管管径计算图

注：管径系根据当量管长的摩阻引起压力降和相应饱和温度差 $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$ ，氨泵供液倍数 $N = 4$ 计算确定。

(十) 蒸发温度 -15°C 氨两相流吸气管管径计算

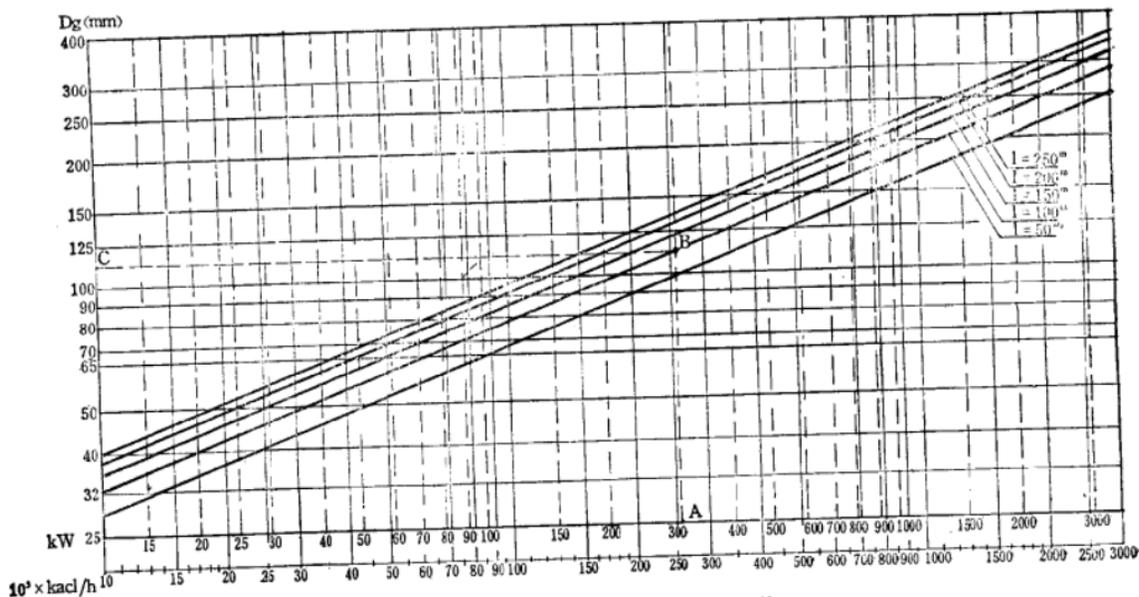


图 5—7 -15°C 氨两相流吸气管管径计算图

注：管径系根据当量管长的摩阻引起压力降和相应饱和温度差 $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ ，氨泵供液倍率 $N = 4$ 计算确定。

(十一) 蒸发温度 -28°C 氨两相流吸气管管径计算

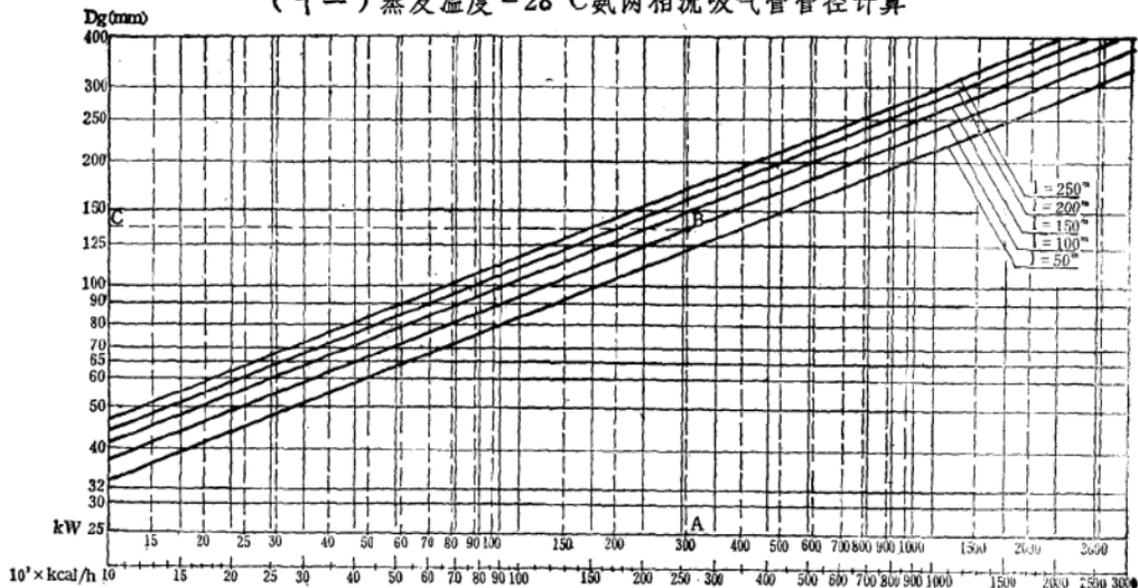


图 5—8 -28°C 氨两相流吸气管管径计算图

注：管径系根据当量管长的摩擦引起压力降和相应饱和温度差 $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$ ，氨泵供液倍数 $N = 4$ ，计算确定。

注：氨两相流吸气管管径计算图 5—6 至 5—11 是根据表 5—5 氨两相流吸气管负重量换算成所需工况制成，在制图时会产生误差，如精确计算应以表 5—5 换算为准。

例：已知氨制冷系统两相流吸气管负荷为400kW，蒸发温度 -28°C ，管道当量总长100m，氨泵供液倍数 $N=4$ ，计算吸气管管径。

解：1.查表法，查表5—5当蒸发温度 -28°C ， $\Delta t=1^{\circ}\text{C}$ ，当量管长100m时，钢管公称直径125mm，吸气管负荷为372.99kW。

2.查图法，查图5—8，从吸气管负荷的横座标A点(400kW)处垂直向上，交于当量管长100m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管公称直径为150mm。

例：已知氨制冷系统两相流吸气管负荷为300kW，蒸发温度 -33°C ，管道当量总长100m，氨泵供液倍数 $N=4$ ，计算吸气管管径。

解：1.查表法，查表5—5，当蒸发温度 -33°C ， $\Delta t=1^{\circ}\text{C}$ 当量管长100m时，钢管公称直径125mm，吸气管负荷为309.13kW。

2.查图法，查图5—9，从吸气管负荷的横座

标A点(300kW)处垂直向上，交于当量管长100m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管公称直径为145mm，选用最接近的钢管公称直径150mm。

例：已知氨制冷系统两相流负荷为300kW，蒸发温度 -40°C ，管道当量总长100m，氨泵供液倍数 $N=4$ ，计算吸气管管径。

解：1.查表法，查表5—5，当蒸发温度 -40°C ， $\Delta t=1^{\circ}\text{C}$ 当量管长100m时，钢管公称直径150mm，吸气管负荷为365.26kW。

2.查图法，查图5—10，从吸气管负荷的横座标A点(300kW)处垂直向上，交于当量管长100mm转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管公称直径为160mm。选用最接近的钢管公称直径150mm。

例：已知氨制冷系统两相流吸气管负荷为300kW，蒸发温度 -45°C ，管道当量总长100m，

(十二) 蒸发温度 -33°C 氨两相流吸气管管径计算

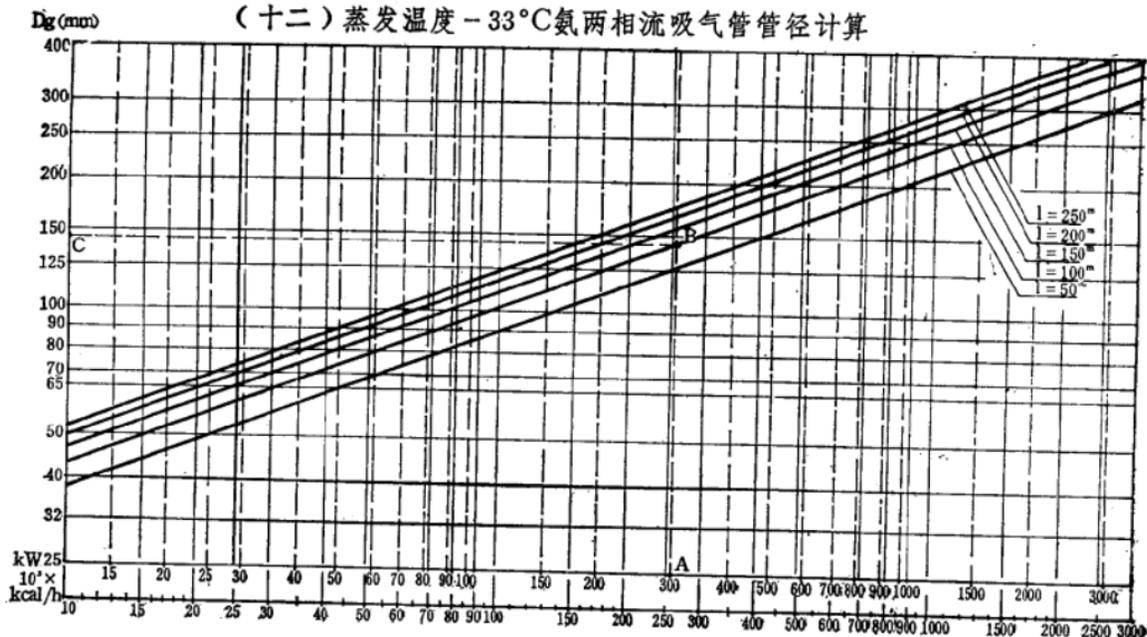


图 5—9 -33°C 氨两相流吸气管管径计算图

注：管径系根据当量管长的摩阻引起压力降和相应饱和温度差 $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$ ，氨泵供液倍数 $N = 4$ ，计算确定。

(十三) 蒸发温度 -40°C 氨两相流吸气管管径计算

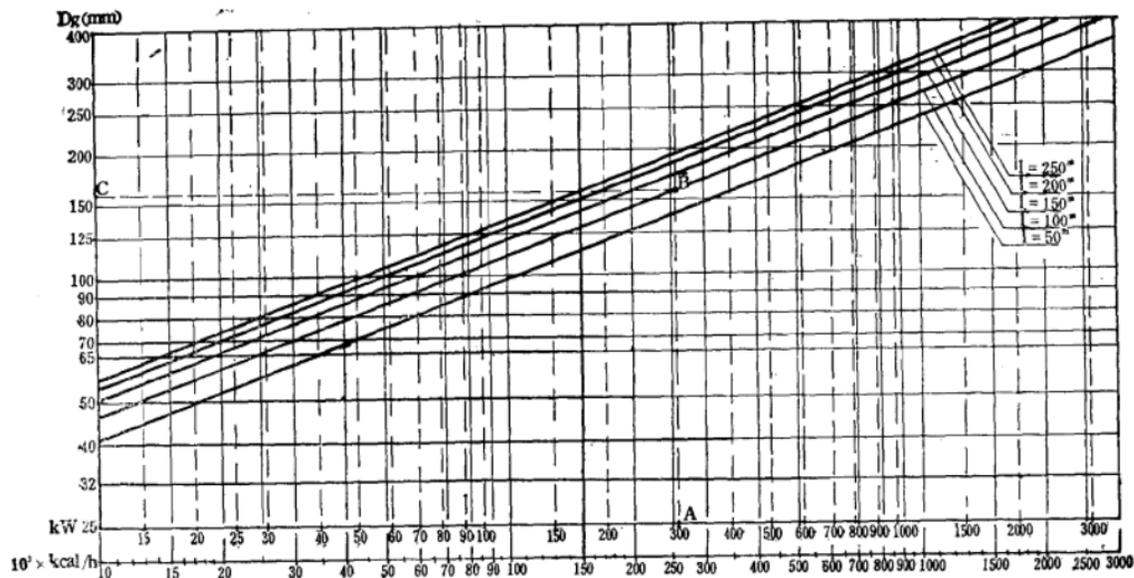


图 5—10 -40°C 氨两相流吸气管管径计算图

注：管径系根据当量管长的摩阻引起的压力降和相应饱和温度差 $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$ ，氨泵供液倍数 $N = 4$ ，计算确定。

(十四) 蒸发温度 -45°C 氨两相流吸气管管径计算

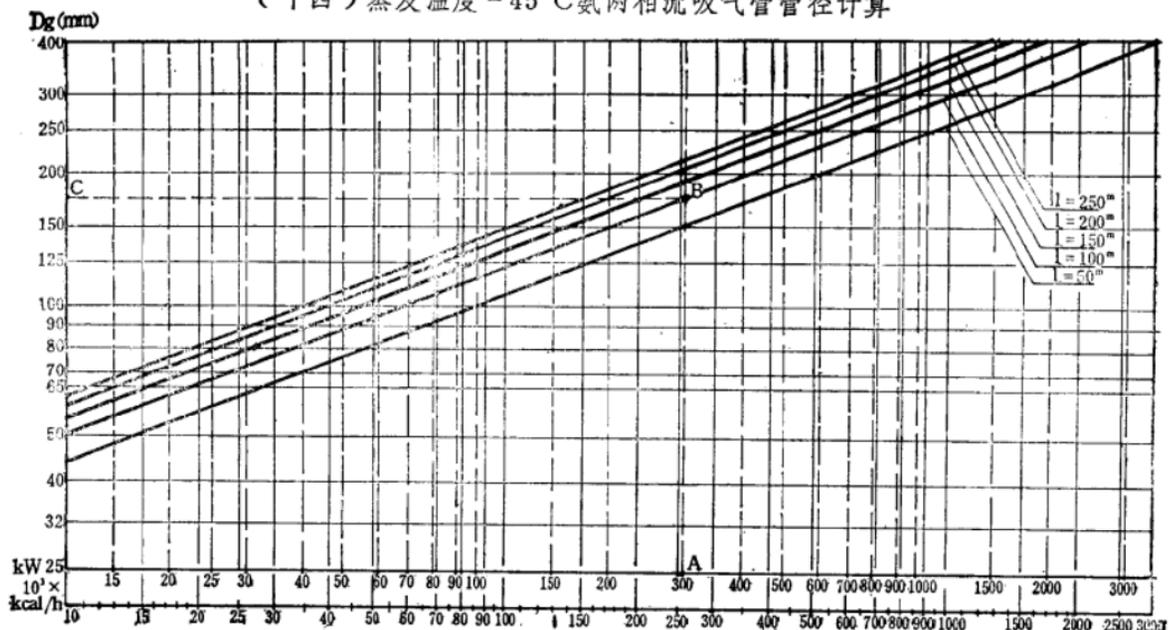


图 5—11 -45°C 氨两相流吸气管管径计算图

注：管径系根据当量管长的摩阻引起压力降和相应饱和温度差 $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ ，氨泵供液倍数 $N = 4$ ，计算确定。

氨泵供液倍数 $N=4$ ，计算吸气管管径。

解：1.查表法，查表5—5，当蒸发温度 -45°C ， $\Delta t=1^{\circ}\text{C}$ 当量管长100m时，钢管公称直径150mm，吸气管负荷为289.97kW。钢管公称直径200mm，吸气管负荷为605.24kW，故选用吸气管公称直径200mm。

2.查图法，查图5—11，从吸气管负荷的横座标A点（300kW）处垂直向上，交于当量管长100m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点，读出需用吸气管公称直径179mm，故选用最接近的钢管公称直径200mm。

例：已知氨制冷系统排气管负荷为300kW，管道当量总长100m，管道摩阻 $\Delta t=0.5^{\circ}\text{C}$ ，计算排气管径。

解：1.查表法，查表5—4， $\Delta t=2^{\circ}\text{C}$ ，饱和吸气温度 -20°C ，钢管公称直径65mm，排气管负荷 $Q_s=581.4\text{kW}$ ，钢管公称直径80mm，排气管负荷 $Q_s=1029.3\text{kW}$ 。换算成在管道摩阻 $\Delta t=0.5^{\circ}\text{C}$ 工

况下负荷；钢管公称直径65mm， $Q=Q_s \left(\frac{L_s}{L} \cdot \right.$

$$\left. \frac{\Delta t}{\Delta t} \right)^{0.55} = 581.4 \left(\frac{100}{100} \cdot \frac{0.5}{2} \right)^{0.55} = 271$$

kW。钢管公称直径80mm， $Q=1029.3 \cdot \left(\frac{100}{100} \cdot \frac{0.5}{2} \right)^{0.55} = 480.19\text{kW}$ 。故排气管管径选用钢管公称直径70mm。

2.查图法，查图5—12，从排气管负荷的横座标A点（300kW）处垂直向上，交于当量管长100m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径69mm，故排气管管径选用钢管公称直径70mm。

例：已知氨制冷系统冷凝器到贮氨器氨液管负荷为300kW，当量管长为10m，求氨液管管径。

解：1.查图法，查图5—13，从氨液管负荷的横座标A点（300kW）处垂直向上，交于当量管长10m转折线B点，再水平向左与钢管公称直径纵座

(十五) 氨排气管管径计算

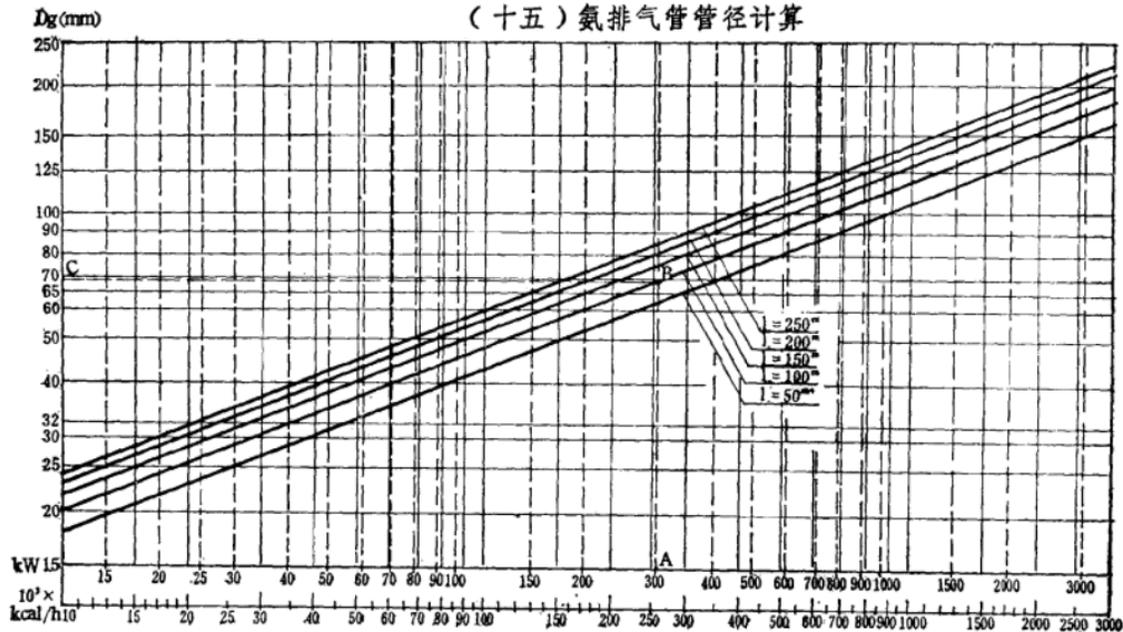


图 5—12 氨排气管管径计算图

注：管径系根据总压力损失 $\Sigma\Delta P \leq 14.710kPa(0.1500kgf/cm^2)$ 计算确定，该压力损失相当于冷凝温度升高约 $0.5^\circ C$ 及压缩机耗电增加 1% 。

(十六) 冷凝器到贮氨器之间氨液管管径计算

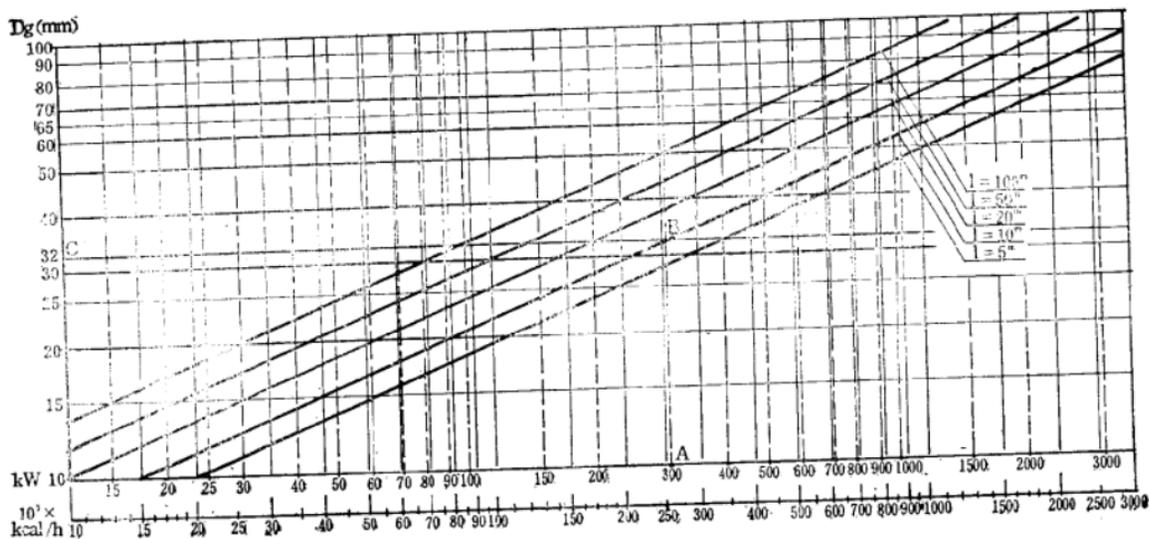


图 5—13 冷凝器到贮氨器之间氨液管径计算图

注：管径系根据总压力损失 $\Sigma \Delta P \leq 1.177 \text{ kPa}$ (0.0120 kgf/cm^2) 计算确定。

(十七) 贮氨器到分配站之间氨液管管径计算

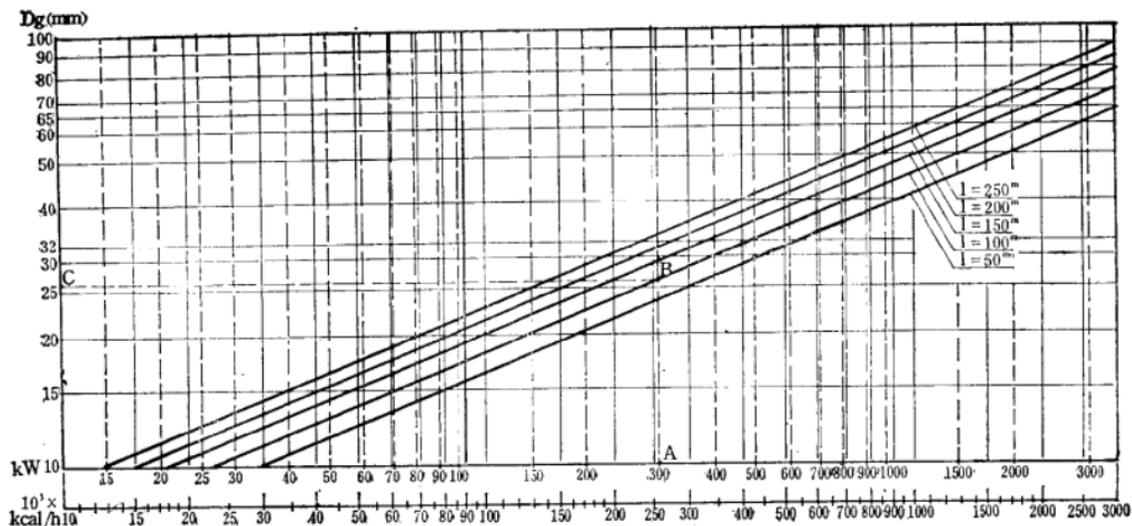


图 5—14 贮氨器到分配站之间氨液管管径计算图

注：管径系根据总压力损失 $\Sigma\Delta P \leq 24.517\text{kPa}$ (0.2500kgf/cm^2)，该压力损失相当力冷凝温度升高约 0.5°C ，计算确定。

(十八) 盐水管管径计算

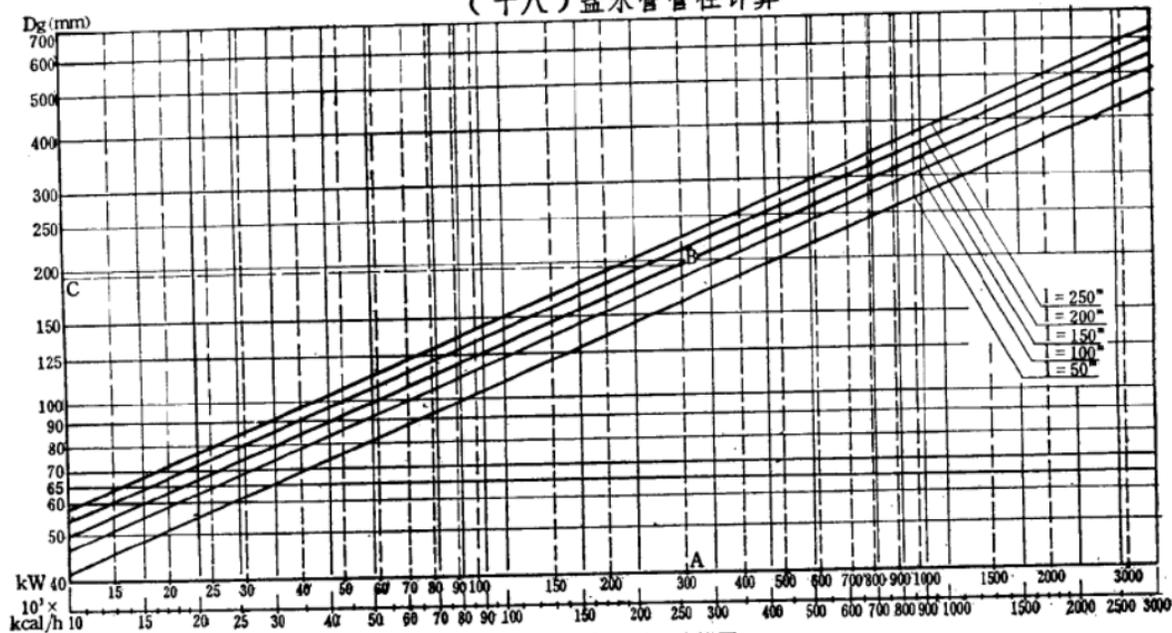


图 5—15 盐水管管径计算图

注：管径系根据总压力损失 $\Sigma \Delta P \leq 49.033 \text{ kPa}$ (0.5000 kgf/cm^2)，盐水温差 $\Delta t = 1.5^\circ \text{C}$ ，计算确定。

标交于C点, 读出需用氨液管公称直径32mm。

2. 查表法, 查表5—4, 当氨液管流速0.5m/s时, 钢管公称直径32mm, 液体管负荷为311.0kW。故氨液管选用钢管公称直径32mm。

例: 已知氨制冷系统贮氨器到分配站之间氨液管负荷为300kW, 管道当量长度100m, 管道摩阻 $\Delta t = 0.5^\circ\text{C}$, 计算氨液管管径。

解: 1. 查表法, 查表5—4, 当液体管摩阻 $\Delta p = 45.00\text{kPa}$ (相当管道摩阻引起饱和冷凝温度差 $\Delta t = 1^\circ\text{C}$), 当量管长100m时, 钢管公称直径25mm, 氨液管负荷为473.4kW, 换算成 $\Delta t = 0.5^\circ\text{C}$ 时氨液管负荷量 $Q = 473.4 \left(\frac{100}{100} \cdot \frac{0.5}{1} \right)^{0.55} = 323.34\text{kW}$ 。故氨液管管径选用钢管公称直径25mm。

2. 查图法, 查图5—14, 从氨液管负荷的横座标A点(300kW)处垂直向上, 交于当量管长100m转折线B点, 再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点, 读出需用氨液管26mm。选用最接近的钢

管公称直径25mm。

例: 已知盐水管管负荷为300kW, 当量管长150米, 计算盐水管管径。

解: 查图5—15, 从盐水管负荷的横座标A点(300kW)处垂直向上, 交于当量管长150m转折线B点, 再水平向左与钢管公称直径纵座标交于C点, 读出需用的钢管直径为194mm。选用最接近的钢管公称直径200mm。

(十九) 在不同工况条件下的修正

1. 吸气管(回气管)的修正公式

$$Q = Q_s \left(\frac{L_s \cdot \Delta t}{L \cdot \Delta t_s} \right)^{0.55} \quad (\text{kW}) \quad (5-1)$$

2. 排气管和高压侧液体管的修正公式

$$Q = Q_s \left(\frac{L_s \cdot \Delta P}{L \cdot \Delta P_s} \right)^{0.55} \quad (\text{kW}) \quad (5-2)$$

3. 饱和温度降的修正公式

$$\Delta t = \left(\frac{Q}{Q_s}\right)^{1.8} \cdot \frac{L}{L_s} \cdot \Delta t_s (\text{℃}) \quad (5-3)$$

4. 压力损失的修正公式

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{Q_s}\right)^{1.8} \cdot \frac{L}{L_s} \cdot \Delta P_s [\text{kPa} (\text{kgf/cm}^2)] \quad (5-4)$$

式中: Q ——图 5-1-5-15 工况负荷 [kW (kcal/h)]。

Q_s ——配管设计工况负荷 [kW (kcal/h)]。

Δt ——图 5-1-5-15 工况饱和温度降 (℃)。

吸入管 $\Delta t = 1 \text{℃}$ 。 Δt_s ——配管设计工况饱和温度降 (℃)。

L ——图 5-1-5-15 工况当量长度 (m)。

L_s ——配管设计工况当量长度 (m)。

ΔP ——图 5-1-5-15 工况压力损失

(kPa)。

ΔP_s ——配管设计工况压力损失 (kPa)。

在使用上述公式时可利用图 5-16 将计算简化。

$$\text{把} \left(\frac{L_s \cdot \Delta t}{L \cdot \Delta t_s}\right)^{0.66} \text{或} \left(\frac{L_s \cdot \Delta P}{L \cdot \Delta P_s}\right)^{0.66}$$

变为 $X^{0.66}$ 即可由图 5-16 求出 $X^{0.66}$ 的数值 a 。

例: 蒸发温度 -28℃ 氨泵系统, 液: 气 = 4: 1, 吸入管饱和温度降 $\Delta t_s = 0.5$, 当量长度 $L_s = 80 \text{m}$, 吸入管设计负荷 $Q_s = 200 \text{kW}$ 。计算吸入管管径。

解: 根据公式 (5-1)

$$Q = Q_s \left(\frac{L_s \cdot \Delta t}{L \cdot \Delta t_s}\right)^{0.66}$$

$$Q = 200 \left(\frac{80 \times 1}{100 \times 0.5}\right)^{0.66}$$

$$Q = 200(1.6)^{0.66}$$

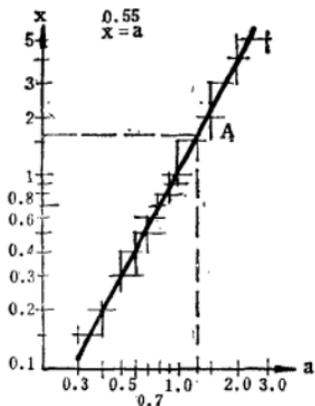


图 5—16 $X^{0.55}$ 与 a 换算图

从图 5—16 查得 $X = 1.6$, A 点 $\rightarrow a$ $a = 1.3$

$$Q = 200 \times 1.3 = 260 \text{ kW}$$

从图 5—8 可查到当 $L = 100 \text{ m}$, $\Delta t = 1 \text{ }^\circ\text{C}$,
 $Q = 260 \text{ kW}$ 时, 得 $d = 124 \text{ mm}$, 选最近似的公称直径 $D_g = 125 \text{ mm}$ 。

5. 氨两相流不同供液倍数 (液气比) 吸气管管径的修正公式。

$$d_s = N \cdot d \text{ (mm)} \quad (5-5)$$

式中: d ——图 5—6—5—11 工况吸气管管径 (mm)。

d_s ——配管设计工况吸气管管径 (mm)。

N ——不同供液倍数吸气管管径修正系数。

不同供液倍数吸气管管径修正系数 N 表 5—6

| 供液倍数 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 修正系数 | | | | | | | |
| N | 0.87 | 0.94 | 1.00 | 1.05 | 1.09 | 1.12 | 1.15 |

例: $-33 \text{ }^\circ\text{C}$ 冻结系统, 吸气管的负荷为 300 kW (257940 kcal/h), 管长包括局部阻力的当量长度为 100 m , 采用“下进上出”氨泵供液, 供液倍数为 6 倍, 计算吸气管管径。

解：从图 5—9 可查到当 -33°C 吸气管负荷 200kW ，当量长度 100m 时，得 $d = 125\text{mm}$ 。

按公式 (5—5) $d_s = N \cdot d$

查表 5—6 供液倍数 6 倍时，修正系数 $N = 1.09$
 $d_s = 1.09 \times 125 = 136\text{mm}$ ，选最接近的公称直径 150mm 。

二、制冷设备安全阀口径的选择

安全阀的公称直径与设备容器上安全管公称直径应一致，自制设备容器安全阀口径应符合国家劳动总局压力容器安全监察规程中有关规定。

氨制冷设备安全阀必须校正下列压力时自动开启：低压系统 1.2258MPa (12.5kgf/cm^2) 表压力，高压系统 1.8142MPa (18.5kgf/cm^2) 表压力。校正后的安全阀应进行铅封。

安全阀前若装氨截止阀，截止阀应铅封成开启状态。

单台设备容器安全管公称直径不应小于安全阀的公称直径，当多台设备容器的各个安全阀共用一根安全管时，总管的公称直径应不小于 25mm ，不大于 50mm 。安全管排出口应高出冷库屋檐或半径 50m 以内邻近最高建筑物屋檐 1m 。

三、系统管道坡度方向

表 5—7

| 管 道 名 称 | 倾 斜 方 向 | 倾 斜 度 参 考 数 值 (%) |
|--------------------------|--------------|---------------------|
| 压缩机排气管至油分离器的水平管段 | 向油分离器 | 1—2 |
| 与安装在室外冷凝器相连接的排气管 | 向冷凝器 | 1—2 |
| 压缩机吸气管的水平管段 | 向低压循环桶或氨液分离器 | 2—3 |
| 冷凝器至贮液器的出液管其水平管段 | 向贮液器 | 2—3 |
| 液体分配站至蒸发排管的供液管水平管段 | 向排管 | 1—2 |
| 蒸发排管至气体分配站的回气管水平管段 | 向排管 | 2—3 |
| 气体分配站至低压循环桶或氨液分离器回气管水平管段 | 向低压循环桶或氨液分离器 | 2—3 |

算：

四、管道伸缩弯的计算

管道直线段低压管道超过100m，高压管道超过50m时，应装置伸缩弯，伸缩弯半径可按下式计

1. 各种管道的膨胀量

$$L = K \cdot L \cdot \Delta t \quad (\text{mm}) \quad (5-6)$$

式中：K——钢的膨胀系数， $6.9 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$ 。

L——管子长度 (mm)。

Δt ——管子内外温度差(℃)。

2. 伸缩弯头的弯曲半径

它的形式一般常用的有两种, 详图 5—17 及图 5—18。图 5—17 形式的弯曲半径, 可按 $\frac{1}{4}$ 值从表 5—8 中查得。图 5—18 形式的弯曲半径, 则需按 $\frac{1}{5}$ 值从表 5—8 查得。

例: 设 -33°C D108 吸入管, 管长 150m, 管子周围空气温度 $+40^{\circ}\text{C}$,

管子的膨胀量 $l = 6.9 \times 10^{-6} \times 150000 \times [40 - (-33)] = 75.6 \text{mm}$

采用图 5—17 伸缩弯, $\frac{1}{4} \times 75.6 = 18.9$ 查表



图 5—17 伸缩弯图

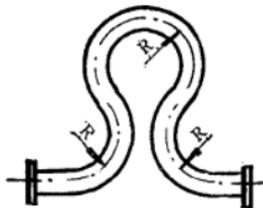


图 5—18 伸缩弯图

5—8 用插入法得弯曲半径 $\cong 880 \text{mm}$

采用图 5—18 伸缩弯, $\frac{1}{5} \times 75.6 = 15$ 查表 5—

8 用插入法得弯曲半径 $\cong 800 \text{mm}$

每个90°弯头的允许膨胀量

表 5—8

| 管 径 (mm) | 弯 头 半 径 R (mm) | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 300 | 380 | 510 | 760 | 1015 | 1270 | 1525 | 1780 | 2030 | 2285 | 2540 | 2800 |
| 25 | 6 | 9 | 19 | 44 | 80 | — | — | — | — | — | — | — |
| 50 | 3 | 6 | 13 | 25 | 44 | 70 | 98 | 137 | — | — | — | — |
| 64 | — | 6 | 9 | 22 | 38 | 57 | 83 | 114 | 146 | — | — | — |
| 76 | — | 3 | 9 | 16 | 29 | 48 | 67 | 92 | 121 | 152 | — | — |
| 90 | — | — | 6 | 16 | 25 | 41 | 60 | 79 | 105 | 133 | — | — |
| 100 | — | — | 6 | 13 | 25 | 38 | 50 | 73 | 95 | 121 | 146 | — |
| 113 | — | — | — | 13 | 22 | 35 | 48 | 64 | 86 | 108 | 133 | — |
| 125 | — | — | — | 9 | 19 | 29 | 41 | 57 | 76 | 95 | 117 | 143 |
| 150 | — | — | — | 9 | 16 | 25 | 35 | 48 | 64 | 79 | 98 | 121 |
| 200 | — | — | — | — | 13 | 19 | 25 | 38 | 48 | 64 | 76 | 92 |
| 250 | — | — | — | — | — | 16 | 22 | 29 | 38 | 50 | 60 | 73 |
| 300 | — | — | — | — | — | — | 19 | 25 | 33 | 41 | 50 | 64 |

五、工作时的管道重量

表 5—9

| 外径× 壁厚 (mm) | 1 m 长 管 道 的 重 量 (kg) | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|--------|---------|---------|---------|----------------|---------|---------|---------|----------------|---------|
| | 不 设 隔 热 层 | | | | | 软 木 隔 热 层 50mm | | | | 软 木 隔 热 层 75mm | |
| | 空 的 | 氨 气 | 氨 液 | 盐 水 | 冷 水 | 氨 气 | 氨 液 | 盐 水 | 冷 水 | 氨 气 | 氨 液 |
| 10×2 | 0.395 | 0.395 | 0.414 | 0.429 | 0.423 | 17.454 | 17.473 | 17.488 | 17.482 | 25.760 | 25.779 |
| 14×2 | 0.592 | 0.593 | 0.645 | 0.686 | 0.670 | 18.261 | 18.313 | 18.354 | 18.338 | 26.645 | 26.697 |
| 18×2 | 0.789 | 0.791 | 0.894 | 0.974 | 0.943 | 19.068 | 19.171 | 19.251 | 19.220 | 27.531 | 27.634 |
| 22×2 | 0.986 | 0.989 | 1.159 | 1.291 | 1.240 | 19.876 | 20.046 | 20.178 | 20.127 | 28.417 | 28.587 |
| 32×2.2 | 1.620 | 1.627 | 2.027 | 2.338 | 2.218 | 22.038 | 22.438 | 22.749 | 22.629 | 30.775 | 31.175 |
| 38×2.2 | 1.940 | 1.951 | 2.541 | 3.001 | 2.824 | 23.276 | 23.866 | 24.326 | 24.149 | 32.131 | 32.721 |
| 45×2.2 | 2.320 | 2.336 | 3.199 | 3.870 | 3.612 | 24.728 | 25.591 | 26.262 | 26.004 | 33.720 | 34.583 |
| 57×3.5 | 4.620 | 4.644 | 5.956 | 6.977 | 6.584 | 28.854 | 30.176 | 31.197 | 30.804 | 38.092 | 39.404 |
| 76×3.5 | 6.260 | 6.305 | 8.799 | 10.741 | 9.994 | 33.420 | 35.914 | 37.856 | 37.109 | 43.021 | 45.515 |
| 89×3.5 | 7.380 | 7.443 | 10.971 | 13.717 | 12.661 | 36.539 | 40.067 | 42.813 | 41.757 | 46.335 | 49.863 |
| 108×4 | 10.260 | 10.354 | 15.600 | 19.685 | 18.114 | 42.345 | 47.591 | 51.676 | 50.105 | 52.574 | 57.820 |
| 133×4 | 12.730 | 12.877 | 21.075 | 27.456 | 25.002 | 48.677 | 56.875 | 63.256 | 60.802 | 59.397 | 67.595 |
| 159×4.5 | 17.150 | 17.362 | 29.166 | 38.354 | 34.820 | 57.123 | 68.877 | 78.115 | 74.581 | 68.354 | 80.158 |
| 219×6 | 31.520 | 31.924 | 54.403 | 71.902 | 65.172 | 80.828 | 103.307 | 120.806 | 114.076 | 93.236 | 115.715 |
| 273×7 | 45.920 | 46.552 | 81.749 | 109.148 | 98.610 | 103.683 | 138.880 | 166.279 | 155.741 | 117.151 | 152.348 |
| 325×8 | 62.540 | 63.440 | 113.533 | 152.528 | 137.530 | 128.530 | 178.623 | 217.618 | 202.620 | 142.983 | 193.076 |
| 377×10 | 90.510 | 91.711 | 158.578 | 210.630 | 190.610 | 164.689 | 231.556 | 283.608 | 260.588 | 180.198 | 247.065 |

注：氨气（-33℃） $\rho=0.012\text{kg/l}$ ，氨液（+40℃） $\rho=0.68\text{kg/l}$ ，盐水 $\rho=1.2\text{kg/l}$ ，冷水 $\rho=1.0\text{kg/l}$ ，软木 $\rho=250\text{kg/m}^3$ ，水泥砂浆抹面厚20mm， $\rho=1800\text{kg/m}^3$ 。

(续)

| 外径× 壁厚 (mm) | 1 m 长 管 道 的 重 量(kg) | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|---------|-------------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|
| | 软木隔热层75mm | | 软 热 层 100mm | | | | 软 木 隔 热 层 125mm | | | |
| | 盐 水 | 冷 水 | 氮 气 | 氮 液 | 盐 水 | 冷 水 | 氮 气 | 氮 液 | 盐 水 | 冷 水 |
| 10×2 | 25.794 | 25.788 | 35.046 | 35.065 | 35.080 | 35.074 | 45.316 | 45.335 | 45.350 | 45.344 |
| 14×2 | 26.738 | 26.722 | 36.012 | 36.064 | 36.105 | 36.089 | 46.359 | 46.411 | 46.452 | 46.436 |
| 18×2 | 27.714 | 27.683 | 36.976 | 37.079 | 37.159 | 37.128 | 47.402 | 47.505 | 47.585 | 47.554 |
| 22×2 | 28.719 | 28.668 | 37.941 | 38.111 | 38.243 | 38.192 | 48.445 | 48.615 | 48.747 | 48.696 |
| 32×2.2 | 31.486 | 31.366 | 40.495 | 40.895 | 41.206 | 41.086 | 51.195 | 51.595 | 51.906 | 51.786 |
| 38×2.2 | 33.181 | 33.004 | 41.969 | 42.559 | 43.019 | 42.842 | 52.778 | 53.378 | 53.838 | 53.661 |
| 45×2.2 | 35.254 | 34.996 | 43.695 | 44.558 | 45.229 | 44.971 | 54.652 | 55.515 | 56.186 | 55.928 |
| 57×3.5 | 40.425 | 40.032 | 48.303 | 49.615 | 50.636 | 50.243 | 59.495 | 60.807 | 61.828 | 61.435 |
| 76×3.5 | 47.457 | 46.710 | 53.605 | 56.099 | 58.041 | 57.294 | 65.358 | 67.852 | 69.794 | 69.047 |
| 89×3.5 | 52.609 | 51.553 | 57.234 | 60.762 | 63.508 | 62.452 | 69.054 | 72.582 | 75.328 | 74.272 |
| 108×4 | 61.905 | 60.334 | 63.786 | 69.032 | 73.117 | 71.546 | 75.980 | 81.226 | 85.311 | 83.740 |
| 133×4 | 73.976 | 71.522 | 71.100 | 79.298 | 85.679 | 83.225 | 83.784 | 91.982 | 98.363 | 95.909 |
| 159×4.5 | 89.346 | 85.312 | 80.568 | 92.372 | 101.560 | 98.026 | 93.763 | 105.567 | 114.755 | 111.221 |
| 219×6 | 133.214 | 126.484 | 105.628 | 129.107 | 146.606 | 139.876 | 121.001 | 143.480 | 160.979 | 154.249 |
| 273×7 | 179.747 | 169.209 | 131.604 | 166.801 | 194.200 | 183.662 | 147.038 | 182.235 | 209.634 | 199.096 |
| 325×8 | 232.071 | 217.073 | 158.458 | 208.551 | 247.546 | 232.548 | 174.912 | 225.005 | 264.000 | 249.002 |
| 377×10 | 299.117 | 279.097 | 196.694 | 263.561 | 315.613 | 295.593 | 214.169 | 281.036 | 333.088 | 313.068 |

(续)

| 外径× 壁厚 (mm) | 1 m 长 管 道 的 重 量 (kg) | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|---------|---------|---------|-------------|--------|--------|----|------------|--------|--------|----|
| | 软木隔热层150mm | | | | 软木隔热层 175mm | | | | 软木隔热层200mm | | | |
| | 氨气 | 氨液 | 盐水 | 冷水 | 氨气 | 氨液 | 盐水 | 冷水 | 氨气 | 氨液 | 盐水 | 冷水 |
| 10×2 | 56.567 | 56.586 | 56.601 | 56.595 | | | | | | | | |
| 14×2 | 57.689 | 57.741 | 57.782 | 57.766 | | | | | | | | |
| 18×2 | 58.810 | 58.913 | 58.993 | 58.962 | | | | | | | | |
| 22×2 | 59.931 | 60.101 | 60.233 | 60.182 | | | | | | | | |
| 32×2.2 | 62.878 | 63.278 | 63.589 | 63.469 | | | | | | | | |
| 38×2.2 | 64.588 | 65.178 | 65.638 | 65.461 | | | | | | | | |
| 45×2.2 | 66.590 | 67.453 | 68.124 | 67.866 | | | | | | | | |
| 57×3.5 | 71.669 | 72.981 | 74.002 | 73.609 | | | | | | | | |
| 76×3.5 | 77.717 | 80.211 | 82.153 | 81.406 | | | | | | | | |
| 89×3.5 | 81.857 | 85.385 | 88.131 | 87.075 | | | | | | | | |
| 108×4 | 89.155 | 94.401 | 98.486 | 96.915 | 104.35 | 108.60 | 114.69 | — | — | — | — | — |
| 133×4 | 97.450 | 105.648 | 112.029 | 109.575 | 112.98 | 121.18 | 127.56 | — | — | — | — | — |
| 159×4.5 | 107.939 | 119.743 | 128.931 | 125.397 | 124.78 | 136.58 | 145.77 | — | 141.46 | 153.27 | 162.46 | — |
| 219×6 | 136.356 | 158.835 | 176.334 | 169.604 | 156.03 | 178.50 | 196.00 | — | 170.17 | 192.65 | 210.15 | — |
| 273×7 | 163.453 | 198.650 | 226.049 | 215.511 | 181.05 | 216.25 | 243.65 | — | 200.98 | 236.17 | 263.57 | — |
| 325×8 | 192.348 | 242.441 | 281.436 | 266.438 | | | | | | | | |
| 377×10 | 232.626 | 299.493 | 351.145 | 331.520 | | | | | | | | |

六、管道加固和管道穿楼板穿墙

1. 系统管道必须安装牢固。

2. 管道吊点间距视管径和管道种类而定，氨和盐水管吊点最大间距可参见表 5—10。

3. 管道变更方向时，吊点离弯头距离不宜大于 600mm，并尽可能将吊点设在较长的管道上。

4. 吊装管道的吊杆可用 A₃ 钢的角钢、圆钢或扁钢制作。冷库内无冲击和振动的管道吊杆断面负荷可按 98.066MPa (1000kgf/cm²) 计算，机房内管道及有冲击和振动的管道吊杆负荷可按 34.323MPa (350kgf/cm²) 计算。

5. 沿墙敷设的管道可用 A₃ 钢角钢制作的支架支撑，预埋墙内角钢应将端头掰开，以防脱落。

6. 保温管道的吊点处应设浸泡沥青的木垫。

7. 压缩机排气管、排气总管以及有冲击和振动

的管道吊杆，应根据具体情况在吊杆间增设斜撑，沿墙敷设排气总管可直接加固在墙上（参见图 5—19）。

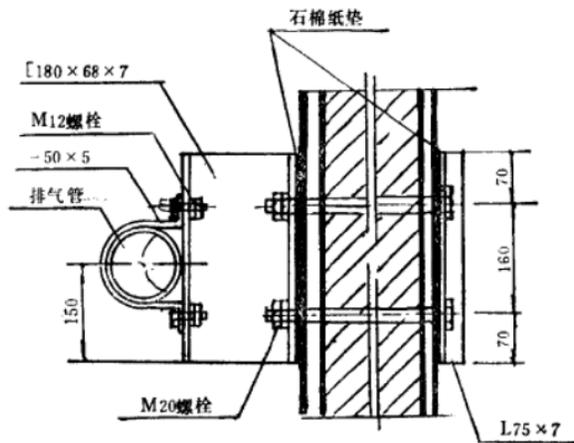


图 5—19 靠墙排气总管加固图

氨、盐水管吊点最大间距

表 5-10

| 外径×管壁厚 (mm) | 管 道 吊 点 最 大 间 距 (注)(m) | | | | |
|--|------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 气 体 管 不 带 隔 热 层 | 氨 液 管 不 带 隔 热 层 | 气 体 管 带 隔 热 层 | 氨 液 管 带 隔 热 层 | 盐 水 管 带 隔 热 层 |
| YB231-70冷拔(冷轧)无缝钢管 *10 或 *20 优 质 炭 素 钢 | | | | | |
| 10×2.0 | — | 1.05 | — | 0.27 | — |
| 14×2.0 | — | 1.35 | — | 0.45 | — |
| 18×2.0 | — | 1.55 | — | 0.60 | — |
| 22×2.0 | 1.95 | 1.85 | 0.75 | 0.76 | 0.76 |
| 32×2.2 | 2.60 | 2.35 | 1.02 | 1.02 | 1.02 |
| 38×2.2 | 2.85 | 2.50 | 1.20 | 1.16 | 1.16 |
| 45×2.2 | 3.25 | 2.80 | 1.42 | 1.40 | 1.40 |
| YB231-70热轧无缝钢管 *10 或 *20 优 质 炭 素 钢 | | | | | |
| 57×3.5 | 3.80 | 3.33 | 1.92 | 1.90 | 1.90 |
| 76×3.5 | 4.60 | 3.94 | 2.60 | 2.42 | 2.42 |
| 89×3.5 | 5.15 | 4.32 | 2.75 | 2.60 | 2.60 |
| 108×4.0 | 5.75 | 4.75 | 3.10 | 3.00 | 2.95 |
| 133×4.0 | 6.80 | 5.40 | 3.80 | 3.65 | 3.60 |
| 159×4.5 | 7.65 | 6.10 | 4.56 | 4.30 | 4.25 |
| 219×6.0 | 9.40 | 7.38 | 5.90 | — | 5.40 |
| 273×7.0 | 10.90 | 8.40 | 7.35 | — | 6.55 |
| 325×8 | 12.25 | 9.40 | 8.66 | — | 7.55 |
| 377×10 | 13.40 | 10.40 | 10.60 | — | 8.70 |

注：1. 正常间距应为最大间距的0.8；若管子拐弯处或管上有附件时，应于一侧或二侧增加吊点。

2. 压缩机排气管线支架间距，当管径为D108及其以上时可采用3m，D108以下时采用2m。排气管在拐弯处必须有一支架。

七、管道和设备的保温

凡管道和设备导致冷量损失的部位、将产生凝结水滴的部位和形成冷桥的部位，均应进行保温。保温层应设置隔汽层或防潮层。

1. 管道和设备保温层的厚度计算 保温层的厚度应满足下式要求：

$$\delta = \frac{2\lambda}{\alpha} \cdot \frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_3} \leq D_1 \ln \frac{D_1}{D_2} \quad (5-7)$$

式中： t_1 ——管道或设备内制冷剂（或盐水）的温度（℃）。

t_2 ——管道或设备周围空气温度，一般常温地段应取夏季空调日平均温度（℃）。

t_3 ——保温层外表温度，一般可按日平均温度下的露点温度加1—2℃。

λ ——保温材料的导热系数[W/(m·K)]

D_1 ——管道或设备包保温层后的外径，即

$$D_1 = D_2 + 2\delta \text{ (m)}。$$

D_2 ——管道或设备的外径（m）。

α ——保温层外表面放热系数，一般可采用8.141W/(m²·K)（即7kcal/(m²·h·K)）。

δ ——保温层的厚度（m）。

公式（5-7）是一超越方程，只能采用近似计算法求解。为了在设计中能方便算出保温层厚度，将公式（5-7）所示关系绘成以 $D_1 \ln \frac{D_1}{D_2}$ 为纵坐标，以 δ 为横坐标的曲线。见图5-20(1)，图5-20(2)，图5-20(3)。

这三张图实际上是一张图。仅为了使图面线条清晰、使用方便，纵坐标采用了不同的比例。在计算时，可按已知条件，算出 $\frac{2\lambda}{\alpha} \cdot \frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_3}$ 的数值，按所设计的管道或设备的外径，直接在图的横坐标上读出应有的保温层厚度。

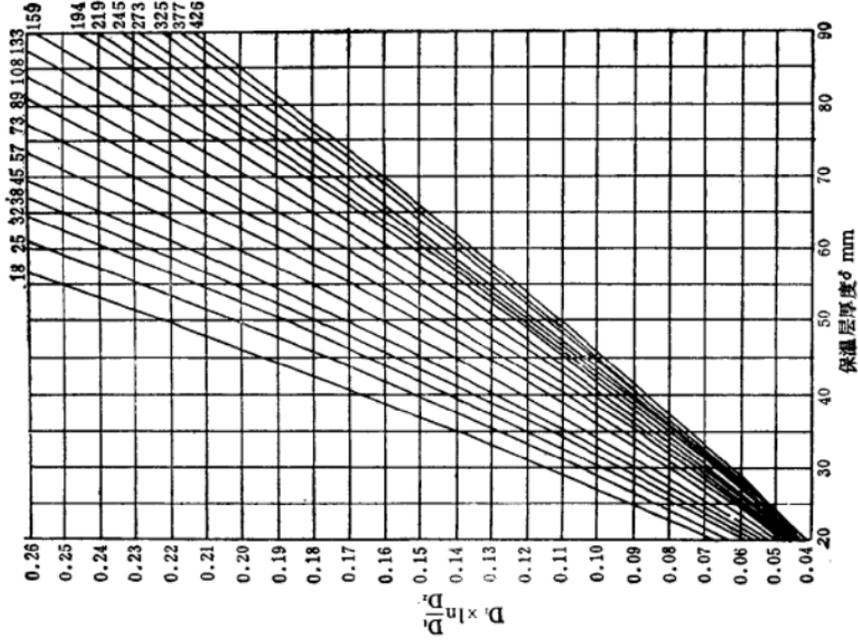


图 5—20 (1) $C_1 \times \ln \frac{D_1}{D_2}$ 与 δ 换算图

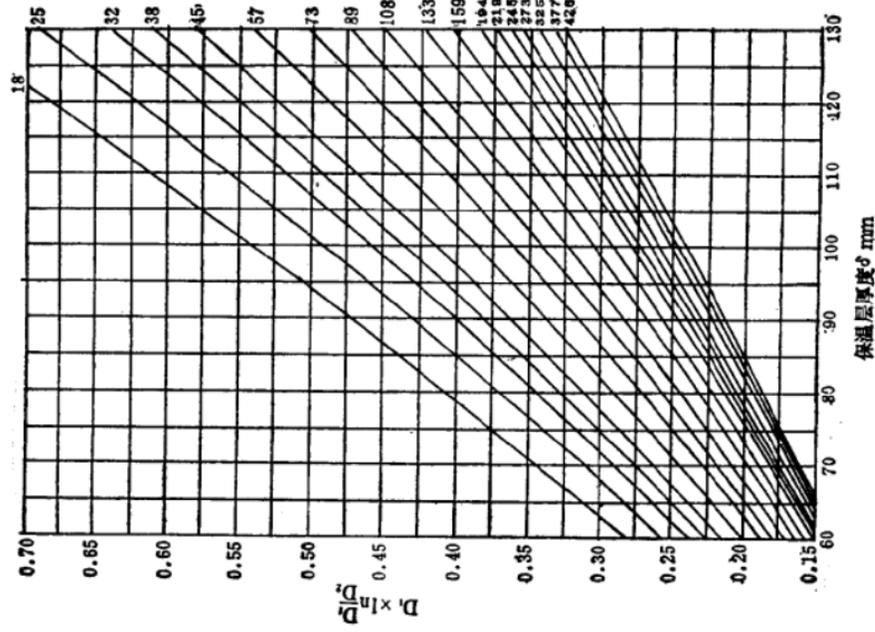


图 5—20 (2) $D_1 \times 10^4 / D_2$ 与 δ 换算图

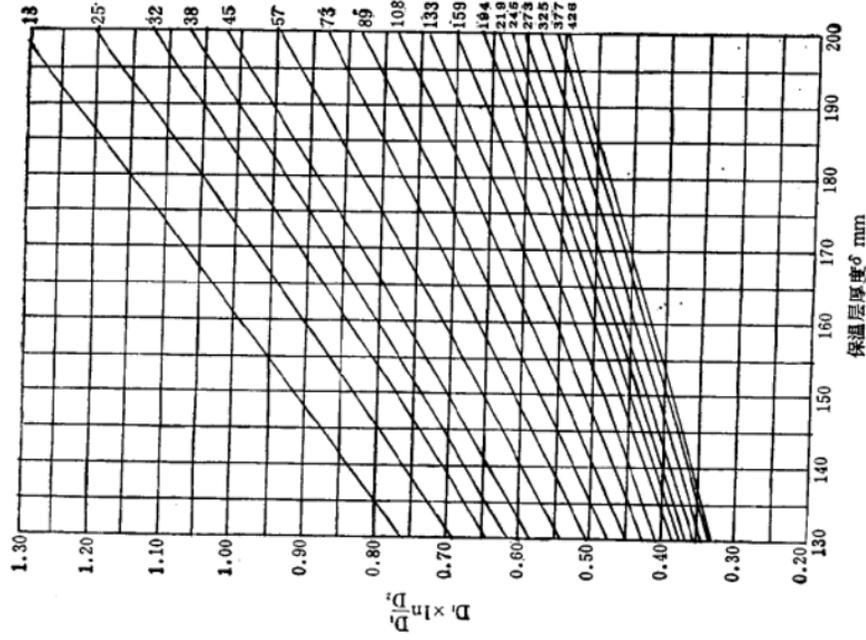


图 5—20 (3) $D_1 \times \ln \frac{D_2}{D_1}$ 与 δ 换算图

2. 通过管道和设备保温层的传热量计算

$$q = \frac{\pi(t_2 - t_1)}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{D_1}{D_2} + \frac{1}{\alpha D_1}} \quad (5-8)$$

式中： q ——管道或设备保温层的传热量(W/m)。

t_1 ——管道或设备内制冷剂(或盐水的温度)($^{\circ}\text{C}$)。

t_2 ——管道或设备周围空气温度，一般常温地段应取夏季空调日平均温度($^{\circ}\text{C}$)。

t_3 ——保温层外表温度，一般可按日平均温度下露点温度加1—2 $^{\circ}\text{C}$ 。

D_1 ——管道和设备包保温层后的外径，即
 $D_1 = D_2 + 2\delta$ (m)。

D_2 ——管道或设备的外径(m)。

α ——保温层外表面放热系数，一般可采用
8.141 W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)，(即7 kcal/($\text{cm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}$))。

δ ——保温层的厚度(m)。

3. 管道和设备保温层厚度。可参阅表5—11、表5—12。

4. 管道保温层、粉刷层、隔汽层和刷油等工程量，其计算已按管道直径分别列表。参见表5—13、表5—14、表5—15。

八、氨管道设计注意事项

1. 氨管道设计原则 氨系统管道设计必须根据制冷工艺要求进行布置。布置管道时必须保证机器和设备的安全运转，并考虑到操作和检修的方便而且应使管路最为经济合理，管内阻力最小。除此以外，还应适当考虑管道布置的美观。

2. 吸气(回气)管设计

(1) 重力供液系统，为了有效地保护压缩机，防止液体进入压缩机，各个回气总管上应设有机房

管道保温层厚度 (mm)

表 5-11

| 管道外径 (mm) | $t_2 = 30^{\circ}\text{C}$ $t_3 = 27.8^{\circ}\text{C}$ $\alpha = 8.141\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ | | | | | | | | $t_2 = 15^{\circ}\text{C}$ $t_3 = 12.4^{\circ}\text{C}$ $\alpha = 8.141\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ | | | | | | | |
|--------------|--|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|--|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$ | | $t_1 = -15^{\circ}\text{C}$ | | $t_1 = -33^{\circ}\text{C}$ | | $t_1 = -40^{\circ}\text{C}$ | | $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$ | | $t_1 = -15^{\circ}\text{C}$ | | $t_1 = -33^{\circ}\text{C}$ | | $t_1 = -40^{\circ}\text{C}$ | |
| | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ | $\lambda =$ |
| | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 |
| W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | W/(cm | |
| ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | ·K) | |
| 22 | 50 | 70 | 55 | 75 | 75 | 100 | 80 | 105 | 30 | 45 | 35 | 50 | 50 | 65 | 55 | 75 |
| 32 | 55 | 75 | 60 | 80 | 80 | 105 | 85 | 115 | 35 | 45 | 40 | 50 | 55 | 75 | 60 | 85 |
| 38 | 60 | 80 | 65 | 85 | 85 | 110 | 90 | 120 | 35 | 45 | 40 | 55 | 60 | 80 | 65 | 85 |
| 57 | 65 | 85 | 70 | 95 | 90 | 120 | 100 | 135 | 35 | 50 | 45 | 60 | 65 | 85 | 70 | 95 |
| 76 | 65 | 90 | 75 | 100 | 95 | 130 | 105 | 140 | 40 | 55 | 45 | 60 | 65 | 90 | 75 | 100 |
| 89 | 70 | 95 | 75 | 105 | 100 | 135 | 110 | 145 | 40 | 55 | 45 | 65 | 70 | 95 | 75 | 105 |
| 108 | 70 | 100 | 80 | 110 | 105 | 140 | 110 | 155 | 40 | 55 | 50 | 65 | 70 | 100 | 80 | 110 |
| 133 | 75 | 100 | 80 | 115 | 105 | 145 | 115 | 160 | 45 | 60 | 50 | 70 | 75 | 100 | 85 | 115 |
| 159 | 75 | 105 | 85 | 120 | 110 | 155 | 120 | 165 | 45 | 60 | 50 | 70 | 75 | 105 | 85 | 120 |
| 219 | 80 | 110 | 90 | 125 | 120 | 165 | 130 | 180 | 50 | 65 | 55 | 75 | 80 | 110 | 90 | 125 |
| 273 | 85 | 115 | 95 | 130 | 125 | 175 | 135 | 190 | 50 | 70 | 55 | 80 | 85 | 115 | 95 | 130 |
| 325 | 85 | 120 | 95 | 135 | 130 | 180 | 140 | 195 | 50 | 70 | 55 | 80 | 85 | 120 | 95 | 135 |
| 377 | 90 | 125 | 100 | 140 | 130 | 185 | 145 | 200 | 50 | 70 | 60 | 80 | 90 | 125 | 100 | 140 |
| 426 | 90 | 125 | 100 | 140 | 135 | 190 | 150 | 205 | 55 | 70 | 60 | 85 | 90 | 125 | 100 | 140 |

设备保温层厚度 (mm)

表 5—12

| 设备直径 (m) | $t_2 = 30^\circ\text{C}$ $t_3 = 27.8^\circ\text{C}$ | | | | | | | | $t_2 = 15^\circ\text{C}$ $t_3 = 12.4^\circ\text{C}$ | | | | | | | | |
|-------------|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | $t_1 = -10^\circ\text{C}$ | | $t_1 = -15^\circ\text{C}$ | | $t_1 = -33^\circ\text{C}$ | | $t_1 = -40^\circ\text{C}$ | | $t_1 = -10^\circ\text{C}$ | | $t_1 = -15^\circ\text{C}$ | | $t_1 = -33^\circ\text{C}$ | | $t_1 = -40^\circ\text{C}$ | | |
| | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ | $\frac{\lambda}{W/(m \cdot K)}$ |
| | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | 0.047 | 0.07 | |
| 0.5 | 90 | 125 | 100 | 140 | 135 | 190 | 150 | 205 | 50 | 70 | 60 | 85 | 90 | 125 | 100 | 145 | |
| 0.75 | 95 | 135 | 105 | 150 | 140 | 200 | 155 | 220 | 50 | 70 | 60 | 85 | 95 | 135 | 105 | 150 | |
| 1.00 | 95 | 135 | 105 | 155 | 145 | 210 | 160 | 230 | 50 | 75 | 60 | 90 | 100 | 140 | 110 | 155 | |
| 1.20 | 100 | 140 | 110 | 155 | 155 | 210 | 165 | 235 | 55 | 80 | 60 | 90 | 100 | 140 | 110 | 160 | |
| 1.50 | 100 | 140 | 110 | 160 | 155 | 215 | 170 | 240 | 55 | 80 | 60 | 95 | 105 | 145 | 115 | 160 | |

氨液分离器。如冷库用的氨液分离器设在机房内可不另设机房氨液分离器。

(2) 在与机房不相邻的或距离机房50m以上的氨直接蒸发式制冷装置(如制冰厂、冰棍厂等)除

每米长管道保

| 保温层厚度 (mm) | 管 | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 12 | 14 | 18 | 25 | 32 | 38 | 45 | 57 |
| 20 | 0.0006 | 0.0020 | 0.0021 | 0.0023 | 0.0028 | 0.0033 | 0.0036 | 0.0041 | 0.0048 |
| 25 | 0.0027 | 0.0029 | 0.0031 | 0.0034 | 0.0039 | 0.0045 | 0.0049 | 0.0055 | 0.0064 |
| 30 | 0.0038 | 0.0040 | 0.0041 | 0.0045 | 0.0052 | 0.0058 | 0.0064 | 0.0070 | 0.0082 |
| 35 | 0.0050 | 0.0052 | 0.0054 | 0.0058 | 0.0066 | 0.0074 | 0.0080 | 0.0088 | 0.0101 |
| 40 | 0.0063 | 0.0065 | 0.0068 | 0.0073 | 0.0082 | 0.0090 | 0.0098 | 0.0107 | 0.0122 |
| 45 | 0.0078 | 0.0081 | 0.0083 | 0.0089 | 0.0099 | 0.0109 | 0.0117 | 0.0127 | 0.0144 |
| 50 | 0.0094 | 0.0097 | 0.0101 | 0.0107 | 0.0118 | 0.0129 | 0.0138 | 0.0149 | 0.0168 |
| 55 | 0.0112 | 0.0116 | 0.0119 | 0.0126 | 0.0138 | 0.0150 | 0.0161 | 0.0173 | 0.0194 |
| 60 | 0.0132 | 0.0136 | 0.0139 | 0.0147 | 0.0160 | 0.0173 | 0.0185 | 0.0198 | 0.0221 |
| 65 | 0.0153 | 0.0157 | 0.0161 | 0.0169 | 0.0184 | 0.0198 | 0.0210 | 0.0225 | 0.0249 |
| 70 | 0.0176 | 0.0180 | 0.0185 | 0.0194 | 0.0209 | 0.0224 | 0.0238 | 0.0253 | 0.0279 |
| 75 | 0.0200 | 0.0205 | 0.0210 | 0.0219 | 0.0236 | 0.0252 | 0.0266 | 0.0283 | 0.0311 |
| 80 | | | | | 0.0264 | 0.0281 | 0.0297 | 0.0314 | 0.0344 |
| 85 | | | | | 0.0294 | 0.0312 | 0.0328 | 0.0347 | 0.0379 |
| 90 | | | | | 0.0325 | 0.0345 | 0.0362 | 0.0382 | 0.0416 |
| 95 | | | | | 0.0358 | 0.0379 | 0.0397 | 0.0418 | 0.0454 |
| 100 | | | | | 0.0393 | 0.0415 | 0.0434 | 0.0456 | 0.0493 |

| 外 径 (mm) | | | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 76 | 89 | 108 | 133 | 159 | 219 | 273 | 325 | 377 | 426 |
| 0.0060 | 0.0068 | 0.0080 | 0.0096 | 0.0112 | 0.0150 | 0.0184 | 0.0217 | 0.0249 | 0.0280 |
| 0.0079 | 0.0090 | 0.0104 | 0.0124 | 0.0145 | 0.0192 | 0.0234 | 0.0275 | 0.0316 | 0.0354 |
| 0.0100 | 0.0112 | 0.0130 | 0.0154 | 0.0178 | 0.0235 | 0.0286 | 0.0335 | 0.0384 | 0.0430 |
| 0.0122 | 0.0136 | 0.0157 | 0.0185 | 0.0213 | 0.0279 | 0.0339 | 0.0396 | 0.0453 | 0.0507 |
| 0.0146 | 0.0162 | 0.0186 | 0.0217 | 0.0250 | 0.0325 | 0.0393 | 0.0459 | 0.0524 | 0.0586 |
| 0.0171 | 0.0189 | 0.0216 | 0.0252 | 0.0288 | 0.0373 | 0.0450 | 0.0523 | 0.0597 | 0.0666 |
| 0.0198 | 0.0218 | 0.0248 | 0.0287 | 0.0328 | 0.0423 | 0.0507 | 0.0589 | 0.0671 | 0.0748 |
| 0.0226 | 0.0249 | 0.0282 | 0.0325 | 0.0370 | 0.0473 | 0.0567 | 0.0657 | 0.0746 | 0.0831 |
| 0.0256 | 0.0281 | 0.0317 | 0.0364 | 0.0413 | 0.0526 | 0.0628 | 0.0726 | 0.0824 | 0.0916 |
| 0.0288 | 0.0314 | 0.0353 | 0.0404 | 0.0457 | 0.0580 | 0.0690 | 0.0796 | 0.0903 | 0.1003 |
| 0.0321 | 0.0350 | 0.0391 | 0.0446 | 0.0504 | 0.0636 | 0.0754 | 0.0869 | 0.0983 | 0.1091 |
| 0.0356 | 0.0386 | 0.0431 | 0.0490 | 0.0551 | 0.0693 | 0.0820 | 0.0942 | 0.1055 | 0.1180 |
| 0.0392 | 0.0425 | 0.0472 | 0.0535 | 0.0601 | 0.0751 | 0.0887 | 0.1018 | 0.1149 | 0.1272 |
| 0.0430 | 0.0465 | 0.0515 | 0.0582 | 0.0652 | 0.0812 | 0.0956 | 0.1095 | 0.1234 | 0.1365 |
| 0.0469 | 0.0506 | 0.0560 | 0.0631 | 0.0704 | 0.0874 | 0.1026 | 0.1173 | 0.1320 | 0.1459 |
| 0.0510 | 0.0549 | 0.0606 | 0.0680 | 0.0758 | 0.0937 | 0.1098 | 0.1253 | 0.1409 | 0.1555 |
| 0.0553 | 0.0594 | 0.0653 | 0.0732 | 0.0814 | 0.1002 | 0.1172 | 0.1335 | 0.1500 | 0.1652 |

| 保温层厚度 (mm) | 管 | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10 | 12 | 14 | 18 | 25 | 32 | 38 | 45 | 57 |
| 105 | | | | | 0.0429 | 0.0452 | 0.0472 | 0.0495 | 0.0534 |
| 110 | | | | | | 0.0491 | 0.0511 | 0.0536 | 0.0577 |
| 115 | | | | | | 0.0531 | 0.0553 | 0.0578 | 0.0621 |
| 120 | | | | | | | 0.0596 | 0.0622 | 0.0667 |
| 125 | | | | | | | 0.0640 | 0.0668 | 0.0715 |
| 130 | | | | | | | | 0.0715 | 0.0764 |
| 135 | | | | | | | | | 0.0814 |
| 140 | | | | | | | | | |
| 145 | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | | |
| 155 | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | |
| 165 | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | |
| 185 | | | | | | | | | |

(续)

| 外 | | 径 (mm) | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 76 | 89 | 108 | 133 | 159 | 219 | 273 | 325 | 377 | 426 |
| 0.0597 | 0.0640 | 0.0703 | 0.0785 | 0.0871 | 0.1069 | 0.1247 | 0.1418 | 0.1590 | 0.1752 |
| 0.0643 | 0.0688 | 0.0753 | 0.0840 | 0.0930 | 0.1137 | 0.1324 | 0.1503 | 0.1683 | 0.1852 |
| 0.0690 | 0.0737 | 0.0806 | 0.0896 | 0.0990 | 0.1207 | 0.1402 | 0.1590 | 0.1778 | 0.1955 |
| 0.0739 | 0.0788 | 0.0860 | 0.0954 | 0.1052 | 0.1278 | 0.1482 | 0.1678 | 0.1874 | 0.2058 |
| 0.0789 | 0.0840 | 0.0915 | 0.1013 | 0.1115 | 0.1351 | 0.1563 | 0.1767 | 0.1971 | 0.2164 |
| 0.0841 | 0.0894 | 0.0972 | 0.1074 | 0.1180 | 0.1425 | 0.1646 | 0.1858 | 0.2071 | 0.2271 |
| 0.0895 | 0.0950 | 0.1031 | 0.1137 | 0.1247 | 0.1501 | 0.1730 | 0.1951 | 0.2171 | 0.2379 |
| 0.0950 | 0.1007 | 0.1091 | 0.1201 | 0.1315 | 0.1579 | 0.1816 | 0.2045 | 0.2274 | 0.2489 |
| 0.1007 | 0.1066 | 0.1152 | 0.1266 | 0.1385 | 0.1658 | 0.1904 | 0.2141 | 0.2378 | 0.2601 |
| 0.1065 | 0.1126 | 0.1216 | 0.1334 | 0.1456 | 0.1739 | 0.1993 | 0.2238 | 0.2483 | 0.2714 |
| | 0.1188 | 0.1281 | 0.1402 | 0.1529 | 0.1821 | 0.2084 | 0.2337 | 0.2591 | 0.2829 |
| | | 0.1347 | 0.1473 | 0.1603 | 0.1905 | 0.2176 | 0.2438 | 0.2699 | 0.2946 |
| | | | 0.1545 | 0.1679 | 0.1991 | 0.2270 | 0.2540 | 0.2810 | 0.3064 |
| | | | | 0.1757 | 0.2078 | 0.2366 | 0.2644 | 0.2921 | 0.3183 |
| | | | | 0.1836 | 0.2166 | 0.2463 | 0.2749 | 0.3035 | 0.3304 |
| | | | | | 0.2256 | 0.2562 | 0.2850 | 0.3150 | 0.3427 |
| | | | | | 0.2348 | 0.2662 | 0.2964 | 0.3266 | 0.3551 |

• 387 •

| 保温层厚度 (mm) | 管 | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 10 | 12 | 14 | 18 | 25 | 32 | 38 | 45 | 57 |
| 190 | | | | | | | | | |
| 195 | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | |
| 205 | | | | | | | | | |

注：每米长保温层工程按下列公式计算。

$$V = \pi \delta (D + \delta)$$

式中：V—每米管道保温材料用量，[m³]

δ —保温层厚度[m]。

D—管道外径[m]。

每 米 长 管 道 保 温

| 保温层厚度 (mm) | 管 | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 12 | 14 | 18 | 25 | 32 | 38 | 45 | 57 |
| 0 | 0.031 | 0.038 | 0.044 | 0.057 | 0.079 | 0.101 | 0.119 | 0.141 | 0.179 |
| 20 | 0.157 | 0.163 | 0.170 | 0.182 | 0.204 | 0.226 | 0.245 | 0.267 | 0.305 |
| 25 | 0.188 | 0.195 | 0.201 | 0.214 | 0.236 | 0.258 | 0.276 | 0.298 | 0.336 |

(续)

| 外 | | | | | | | | | |
|--------|----|-----|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 径 (mm) | | | | | | | | | |
| 76 | 89 | 108 | 133 | 159 | 219 | 273 | 325 | 377 | 426 |
| | | | | | 0.2441 | 0.2764 | 0.3074 | 0.3384 | 0.3677 |
| | | | | | 0.2536 | 0.2867 | 0.3186 | 0.3504 | 0.3804 |
| | | | | | 0.2633 | 0.2972 | 0.3299 | 0.3625 | 0.3933 |
| | | | | | | 0.3078 | 0.3413 | 0.3748 | 0.4064 |

层的表面积 (m²)

表 5-14

| 外 | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 径 (mm) | | | | | | | | | |
| 76 | 89 | 108 | 133 | 159 | 219 | 273 | 325 | 377 | 426 |
| 0.239 | 0.280 | 0.339 | 0.418 | 0.500 | 0.690 | 0.858 | 1.021 | 1.184 | 1.338 |
| 0.364 | 0.405 | 0.465 | 0.543 | 0.625 | 0.814 | 0.983 | 1.147 | 1.310 | 1.464 |
| 0.396 | 0.437 | 0.496 | 0.575 | 0.657 | 0.845 | 1.015 | 1.178 | 1.341 | 1.495 |

| 保温层厚度 (mm) | 管 | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 12 | 14 | 18 | 25 | 32 | 38 | 45 | 57 |
| 30 | 0.220 | 0.226 | 0.232 | 0.245 | 0.267 | 0.289 | 0.308 | 0.330 | 0.368 |
| 35 | 0.251 | 0.258 | 0.264 | 0.276 | 0.298 | 0.320 | 0.339 | 0.361 | 0.399 |
| 40 | 0.283 | 0.289 | 0.295 | 0.308 | 0.330 | 0.352 | 0.371 | 0.393 | 0.430 |
| 45 | 0.314 | 0.320 | 0.327 | 0.339 | 0.361 | 0.383 | 0.402 | 0.424 | 0.462 |
| 50 | 0.346 | 0.352 | 0.358 | 0.371 | 0.393 | 0.415 | 0.434 | 0.456 | 0.493 |
| 55 | 0.377 | 0.383 | 0.390 | 0.402 | 0.424 | 0.446 | 0.465 | 0.487 | 0.525 |
| 60 | 0.408 | 0.415 | 0.421 | 0.434 | 0.456 | 0.478 | 0.496 | 0.518 | 0.556 |
| 65 | 0.440 | 0.446 | 0.452 | 0.465 | 0.487 | 0.509 | 0.528 | 0.550 | 0.587 |
| 70 | 0.471 | 0.478 | 0.484 | 0.496 | 0.518 | 0.540 | 0.559 | 0.581 | 0.619 |
| 75 | 0.503 | 0.509 | 0.515 | 0.528 | 0.550 | 0.572 | 0.591 | 0.613 | 0.650 |
| 80 | | | | | 0.581 | 0.603 | 0.622 | 0.644 | 0.682 |
| 85 | | | | | 0.613 | 0.635 | 0.653 | 0.675 | 0.713 |
| 90 | | | | | 0.644 | 0.666 | 0.685 | 0.707 | 0.745 |
| 95 | | | | | 0.675 | 0.697 | 0.716 | 0.738 | 0.770 |
| 100 | | | | | 0.707 | 0.729 | 0.748 | 0.770 | 0.807 |
| 105 | | | | | 0.738 | 0.760 | 0.763 | 0.801 | 0.839 |

(续)

| 外 | 径(mm) | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 76 | 89 | 108 | 133 | 159 | 219 | 273 | 325 | 377 | 426 |
| 0.427 | 0.468 | 0.528 | 0.606 | 0.688 | 0.877 | 1.046 | 1.210 | 1.373 | 1.527 | 1.527 |
| 0.459 | 0.500 | 0.559 | 0.638 | 0.719 | 0.908 | 1.078 | 1.241 | 1.404 | 1.558 | 1.558 |
| 0.490 | 0.531 | 0.591 | 0.669 | 0.751 | 0.939 | 1.109 | 1.272 | 1.436 | 1.599 | 1.599 |
| 0.522 | 0.562 | 0.622 | 0.446 | 0.782 | 0.971 | 1.140 | 1.304 | 1.467 | 1.621 | 1.621 |
| 0.553 | 0.594 | 0.653 | 0.732 | 0.814 | 1.002 | 1.172 | 1.335 | 1.500 | 1.652 | 1.652 |
| 0.584 | 0.625 | 0.685 | 0.763 | 0.845 | 1.034 | 1.203 | 1.367 | 1.539 | 1.684 | 1.684 |
| 0.616 | 0.657 | 0.716 | 0.795 | 0.877 | 1.065 | 1.235 | 1.398 | 1.561 | 1.715 | 1.715 |
| 0.647 | 0.688 | 0.748 | 0.826 | 0.908 | 1.096 | 1.266 | 1.429 | 1.593 | 1.747 | 1.747 |
| 0.679 | 0.719 | 0.779 | 0.858 | 0.939 | 1.128 | 1.297 | 1.461 | 1.624 | 1.778 | 1.778 |
| 0.710 | 0.751 | 0.811 | 0.889 | 0.971 | 1.159 | 1.329 | 1.492 | 1.656 | 1.810 | 1.810 |
| 0.741 | 0.782 | 0.842 | 0.920 | 1.002 | 1.191 | 1.360 | 1.524 | 1.687 | 1.841 | 1.841 |
| 0.773 | 0.814 | 0.873 | 0.952 | 1.034 | 1.222 | 1.392 | 1.555 | 1.718 | 1.872 | 1.872 |
| 0.804 | 0.845 | 0.905 | 0.983 | 1.065 | 1.253 | 1.423 | 1.587 | 1.750 | 1.904 | 1.904 |
| 0.836 | 0.877 | 0.936 | 1.015 | 1.096 | 1.285 | 1.455 | 1.618 | 1.781 | 1.935 | 1.935 |
| 0.867 | 0.908 | 0.968 | 1.046 | 1.128 | 1.316 | 1.486 | 1.649 | 1.813 | 1.967 | 1.967 |
| 0.930 | 0.939 | 0.999 | 1.078 | 1.159 | 1.348 | 1.517 | 1.681 | 1.844 | 1.998 | 1.998 |

| 保温层厚度 (mm) | 管 | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 12 | 14 | 18 | 25 | 32 | 38 | 45 | 57 |
| 110 | | | | | | 0.792 | 0.811 | 0.833 | 0.870 |
| 115 | | | | | | 0.823 | 0.842 | 0.864 | 0.902 |
| 120 | | | | | | | 0.873 | 0.873 | 0.933 |
| 125 | | | | | | | 0.905 | 0.927 | 0.964 |
| 130 | | | | | | | 0.936 | 0.958 | 0.996 |
| 135 | | | | | | | | | 1.027 |
| 140 | | | | | | | | | 1.059 |
| 145 | | | | | | | | | 1.090 |
| 150 | | | | | | | | | 1.122 |
| 155 | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | |
| 165 | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | |
| 185 | | | | | | | | | |

(续)

| 外 | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 径(mm) | | | | | | | | | |
| 76 | 89 | 108 | 133 | 159 | 219 | 273 | 325 | 377 | 426 |
| 0.930 | 0.971 | 1.030 | 1.109 | 1.191 | 1.379 | 1.549 | 1.712 | 1.876 | 2.029 |
| 0.961 | 1.002 | 1.062 | 1.140 | 1.222 | 1.411 | 1.580 | 1.744 | 1.907 | 2.061 |
| 0.993 | 1.034 | 1.093 | 1.172 | 1.253 | 1.442 | 1.580 | 1.775 | 1.938 | 2.092 |
| 1.024 | 1.065 | 1.125 | 1.203 | 1.285 | 1.473 | 1.643 | 1.806 | 1.970 | 2.124 |
| 1.056 | 1.096 | 1.156 | 1.235 | 1.316 | 1.505 | 1.674 | 1.838 | 2.001 | 2.155 |
| 1.087 | 1.128 | 1.187 | 1.266 | 1.348 | 1.536 | 1.706 | 1.869 | 2.033 | 2.187 |
| 1.118 | 1.159 | 1.219 | 1.297 | 1.379 | 1.568 | 1.737 | 1.901 | 2.064 | 2.218 |
| 1.150 | 1.191 | 1.250 | 1.329 | 1.411 | 1.599 | 1.769 | 1.932 | 2.095 | 2.249 |
| 1.181 | 1.222 | 1.282 | 1.360 | 1.442 | 1.630 | 1.800 | 1.963 | 2.127 | 2.281 |
| | 1.253 | 1.313 | 1.392 | 1.473 | 1.662 | 1.832 | 1.995 | 2.158 | 2.312 |
| | | 1.345 | 1.423 | 1.505 | 1.693 | 1.863 | 2.026 | 2.190 | 2.344 |
| | | | | 1.536 | 1.725 | 1.894 | 2.058 | 2.221 | 2.375 |
| | | | | 1.568 | 1.756 | 1.926 | 2.089 | 2.253 | 2.406 |
| | | | | 1.599 | 1.788 | 1.957 | 2.121 | 2.284 | 2.438 |
| | | | | | 1.819 | 1.989 | 2.152 | 2.315 | 2.469 |
| | | | | | 1.850 | 2.020 | 2.183 | 2.347 | 2.501 |

• 393 •

| 保温层厚度 (mm) | 管 | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 10 | 12 | 14 | 18 | 25 | 32 | 38 | 45 | 57 |
| 190 | | | | | | | | | |
| 195 | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | |
| 205 | | | | | | | | | |

注：计算公式 $S = \pi(D + 2\delta)$ ，式中：S——每米管道表面积 (m^2)，D——管道外径 (m)， δ ——保温层厚度 (m)。

每 百 米 长 管 道 保 温 层 外

| 保温层厚度 (mm) | 管 | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 12 | 14 | 18 | 25 | 32 | 38 | 45 | 57 |
| 20 | 0.440 | 0.452 | 0.465 | 0.490 | 0.534 | 0.578 | 0.616 | 0.660 | 0.735 |
| 25 | 0.503 | 0.515 | 0.528 | 0.553 | 0.597 | 0.641 | 0.679 | 0.723 | 0.798 |
| 30 | 0.565 | 0.578 | 0.591 | 0.616 | 0.660 | 0.704 | 0.741 | 0.785 | 0.861 |
| 40 | 0.691 | 0.704 | 0.716 | 0.741 | 0.785 | 0.829 | 0.867 | 0.911 | 0.986 |

(续)

| 外 | | | | | | | | | |
|-------|----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 径(mm) | | | | | | | | | |
| 76 | 89 | 108 | 133 | 159 | 219 | 273 | 325 | 377 | 426 |
| | | | | | 1.882 | 2.051 | 2.215 | 2.378 | 2.532 |
| | | | | | 1.913 | 2.083 | 2.246 | 2.410 | 2.564 |
| | | | | | 1.945 | 2.114 | 2.278 | 2.441 | 2.595 |
| | | | | | | 2.146 | 2.309 | 2.472 | 2.626 |

粉 刷 材 料 (厚20mm的体积 m^3)

表 5—15

| 外 | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 径 (mm) | | | | | | | | | |
| 76 | 89 | 108 | 133 | 159 | 219 | 273 | 325 | 377 | 426 |
| 0.855 | 0.936 | 1.056 | 1.213 | 1.376 | 1.753 | 2.092 | 2.419 | 2.746 | 3.054 |
| 9.917 | 0.999 | 1.118 | 1.275 | 1.439 | 1.816 | 2.155 | 2.482 | 2.809 | 3.116 |
| 0.980 | 1.062 | 1.181 | 1.338 | 1.502 | 1.879 | 2.218 | 2.545 | 2.871 | 3.179 |
| 1.106 | 1.188 | 1.307 | 1.464 | 1.627 | 2.004 | 2.344 | 2.670 | 2.997 | 3.305 |

| 保温层厚度 (mm) | 管 | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 12 | 14 | 18 | 25 | 32 | 38 | 45 | 57 |
| 50 | 0.817 | 0.829 | 0.842 | 0.867 | 0.911 | 0.955 | 0.993 | 1.037 | 1.112 |
| 60 | 0.942 | 0.955 | 0.968 | 0.993 | 1.037 | 1.081 | 1.118 | 1.162 | 1.238 |
| 75 | 1.131 | 1.144 | 1.156 | 1.181 | 1.225 | 1.269 | 1.307 | 1.351 | 1.426 |
| 90 | | | | | 1.414 | 1.458 | 1.495 | 1.539 | 1.615 |
| 100 | | | | | 1.539 | 1.583 | 1.621 | 1.665 | 1.740 |
| 110 | | | | | | | 1.747 | 1.791 | 1.866 |
| 125 | | | | | | | 1.935 | 1.979 | 2.055 |
| 140 | | | | | | | | | 2.243 |
| 150 | | | | | | | | | 2.369 |
| 160 | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | | | |
| 190 | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | |
| 205 | | | | | | | | | |

注：计算公式 $V = \pi b [(D + 2\delta) + b] \times 100$ 式中：V——每100米管保温层外粉刷材料用量 (m^3)

D——管件外径 (m)， δ ——保温层厚度 (m)，b——外粉刷材料厚度 (m)

(续)

| 外 | | 径(mm) | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 76 | 89 | 108 | 133 | 159 | 219 | 273 | 325 | 377 | 426 |
| 1.232 | 1.313 | 1.433 | 1.590 | 1.753 | 2.130 | 2.469 | 2.796 | 3.123 | 3.431 |
| 1.357 | 1.439 | 1.558 | 1.715 | 1.879 | 2.256 | 2.595 | 2.922 | 3.248 | 3.556 |
| 1.546 | 1.627 | 1.747 | 1.904 | 2.067 | 2.444 | 2.783 | 3.110 | 3.437 | 3.745 |
| 1.734 | 1.816 | 1.935 | 2.092 | 2.256 | 2.633 | 2.972 | 3.299 | 3.625 | 3.933 |
| 1.860 | 1.942 | 2.061 | 2.218 | 2.381 | 2.758 | 3.098 | 3.424 | 3.751 | 4.059 |
| 1.985 | 2.067 | 2.187 | 2.344 | 2.507 | 2.884 | 3.223 | 3.550 | 3.877 | 4.185 |
| 2.174 | 2.256 | 2.375 | 2.532 | 2.695 | 3.072 | 3.412 | 3.738 | 4.065 | 4.373 |
| 2.362 | 2.444 | 2.564 | 2.721 | 2.884 | 3.261 | 3.600 | 3.927 | 4.254 | 4.562 |
| 2.488 | 2.570 | 2.689 | 2.846 | 3.010 | 3.387 | 3.726 | 4.053 | 4.379 | 4.687 |
| | | | 2.972 | 3.135 | 3.512 | 3.852 | 4.178 | 4.505 | 4.813 |
| | | | | 3.324 | 3.701 | 4.040 | 4.367 | 4.694 | 5.001 |
| | | | | | 3.889 | 4.229 | 4.555 | 4.882 | 5.190 |
| | | | | | 4.015 | 4.354 | 4.681 | 5.008 | 5.316 |
| | | | | | | 4.417 | 4.744 | 5.071 | 5.378 |

本身氨液分离器外，应在机房内增设氨液分离器。

(3)重力供液系统回气管路应注意防止“液囊”的形成，有“液囊”的管段必须增设氨液分离器。

(4)排液桶、立式(卧式)蒸发器、空气分离器、集油器等设备的回气管属于单相流回气管，其垂直立管不能与两相流回气立管合并，以免造成液体倒流到容器内，上述设备单相流回气管与两相流回气水平总管连接时，必须从回气总管顶部接出。回气总管水平段应有0.02—0.03的坡度，且坡向低压循环桶。

(5)为了防止吸气总管中液体流入压缩机造成液击，吸气总管水平段应有0.02—0.03的坡度，且使其坡向低压循环桶或氨液分离器。各台压缩机吸气管与水平吸气总管连接时，宜同吸气总管呈45°角连接。参见图5—21。

(6)吸气管与排气管一起敷设时，其管壁间距

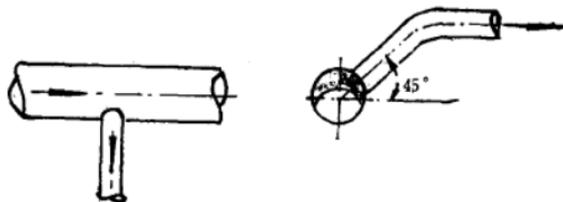


图5—21 各吸气管与水平吸气总管连接图

不得小于250mm，如布置在同一垂直面上，吸气管应在排气管下面。

3. 排气管设计

(1)两台以上压缩机并联运行时，每台压缩机的排气管上应设止回阀，以防止一台压缩机工作时，另一台停用的压缩机排气管内积沉冷凝氨液及润滑油，造成该机启动时“液击”。

(2)压缩机排气管与水平排气总管连接时，应从排气总管顶部接出而且同顺气流方向呈小于45°角连接。参见图5—22。

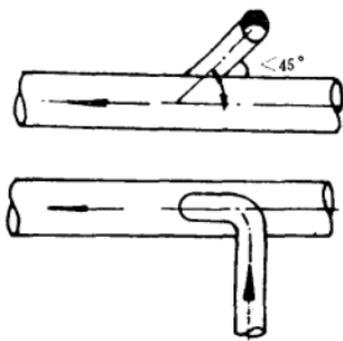


图 5—22 各排气管支管与水平排气总管连接图

(3) 为了防止排气管中润滑油返回压缩机从而造成液击, 排气总管水平管段应有 0.02—0.03 的坡度, 并使其坡向油分离器或冷凝器。

4. 冷凝器与贮氨器之间管道设计

(1) 单台冷凝器至贮氨器的出液管道, 若出液管内流体流速不大于 0.5m/s, 水平管段带 0.02—

0.03 坡度且坡向贮氨器, 出液管上阀门设在贮液器立管上, 阀门低于冷凝器出口口 305mm 及以上时, 冷凝器与贮氨器之间可不设气体均压管, 见图 5—23。若冷凝器出液管内流速大于 0.5m/s 和坡度不能满足上述要求时, 应在冷凝器与贮氨器之间设气体均压管, 参见图 5—24。均压管管径可参考表 5—16。

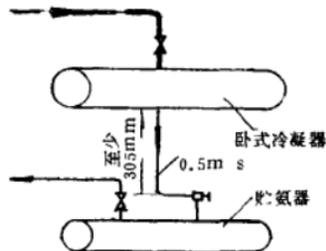


图 5—23 不设气体均压管单台冷凝器与贮氨器管道连接图

表 5—16

| | | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| 均压管公称直径(mm) | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
| 设备最大负荷(kW) | 175 | 350 | 600 | 1100 | 1500 | 2300 |

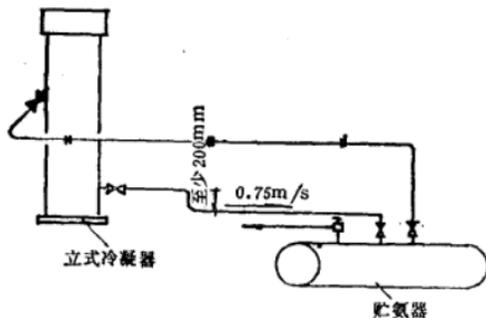


图 5—24 设气体均压管单台冷凝器与贮氮器管道连接图

(2) 多台立式冷凝器与贮氮器之间管道连接时, 需设气体均压管。冷凝器出液口与贮氮器进液

阀进口之间最小高差305mm。液体管水平段到贮氮器应有0.02—0.03坡度, 并使其坡向贮氮器。液体管内流速不应大于0.75m/s。

(3) 多台并联蒸发式冷凝器与贮氮器之间管道连接(见图 5—25), 要考虑冷凝负荷降低时, 有可能一台或几台蒸发式冷凝器停止工作(关循环水泵和鼓风机), 或因各台蒸发式冷凝器布置位置的差异造成冷凝负荷分配不均匀, 使各台冷凝器出液口压力不一致。不工作的蒸发式冷凝器处于压缩机排气压力, 而正在工作的蒸发式冷凝器由于要克服阀门、冷凝盘管等阻力损失, 使该冷凝器出液口压力低于不工作冷凝器出液口压力, 此时, 压力较高的

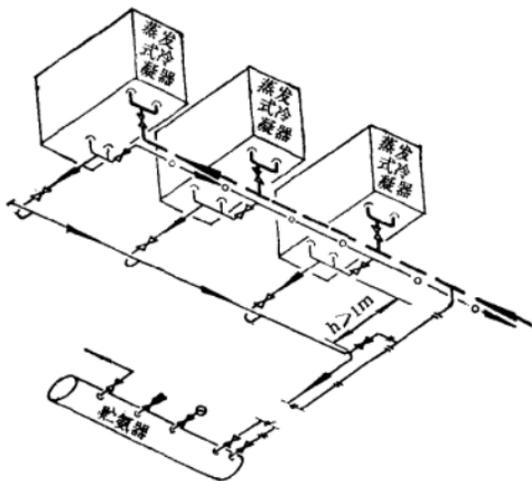


图 5—25 多台并联蒸发式冷凝器与贮氨器管道连接图

冷凝器中的冷凝液体就会倒流到压力较低的冷凝器

冷凝盘管内，从而减少了正在工作冷凝器的冷凝面积。为了克服这一现象，每台冷凝器出液管与液体水平总管连接处应设液封，液封弯头尽量做小。每台冷凝器出液管上截止阀应设在立管段，阀门的位置尽量装低。液体总管水平段端头与贮氨器进液管连接处要做“气囊”，其管内最高处与每台冷凝器出液管水平段高差 h 不小于 1 m ，以克服各台冷凝器之间的压力差异。在该处最高点接气体均压管与贮氨器均压管和蒸发式冷凝器进气总管接通。

每台冷凝器出液管及液体总管的液体流速不宜大于 0.5 m/s 。

由于每台冷凝器的出液立管设置液封，冷凝器内的不凝气体不能进入贮氨器，故贮氨器处可不设放气阀。对蒸发式冷凝器的不凝气体排放阀应设在冷凝器出液管的水平段上部。考虑到每台蒸发式冷凝器出液口压力可能出现的差异，在放不凝气体时使处于工作状态的每台冷凝器单独轮流地与自动放

空气器接通，以便可排出处于压力较低的冷凝器内的不凝气体。

5. 低压循环桶与氨泵之间的管路设计

(1) 每台低压循环桶一般最多设置两台氨泵，每台氨泵应有各自从桶侧接出的进液管。若设置两台氨泵，则备用泵一般不宜装在系统管上，以免使

管路复杂化。

(2) 低压循环桶出液管（即氨泵进液管）的水平管段应带有坡度并坡向氨泵，管内流速不宜大于 0.5m/s ，氨泵出液管流速 $0.8\text{—}1.0\text{m/s}$ 。氨泵进、出液管管径可参照表5—17选用。氨泵进液管上的过滤器应设在离低压桶正常液位 1.5m 以外，以

表 5—17

| 管 道 名 称 | 氨 泵 流 量(m^3/h) | | | | | | | |
|-----------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| 氨泵进液管(mm) | 57×3 | 63×3.0 | 76×3.5 | 76×3.5 | 89×3.5 | 89×3.5 | 89×3.5 | 95×3.5 |
| 氨泵出液管(mm) | 38×2.2 | 42×2.2 | 57×3.0 | 57×3.0 | 63×3.0 | 63×3.0 | 63×3.0 | 76×3.5 |

防止产生节流气体。过滤器出口管径一般均大于氨泵进口管径，应将该管管径均匀缩小至泵进口同径再行连接。当系统运行一段时间，过滤器内不再出现脏物，可将滤网孔加粗以减少泵进液管阻力。

(3) 每台氨泵出液管上应装止回阀，以防停

泵后氨液倒流到低压循环桶。为了方便止回阀检修，一般在止回阀后安装截止阀。截止阀应紧靠止回阀，该截止阀只能在检修止回阀时短时间关闭。如果习惯为检修氨泵需较长时间关闭该截止阀，则在截止阀与止回阀之间的管段应拧松法兰将氨液放

出。

(4) 在一个蒸发温度系统的氨泵出液总管上应设自动旁通阀。该旁通阀接出的旁通管与低压循环桶回气管顶部接通,一方面作氨泵流量旁通,另一方面可防止因长时间停止降温或因氨泵故障改为直接膨胀供液时,氨泵出液总管满灌的低温氨液受热产生巨大压力使液管或阀门爆裂。

6. 利用氨液冷却和润滑的屏蔽泵管路设计

(1) 屏蔽泵必须设断液保护,可在泵的进、出液管装设差压控制器,以保护屏蔽泵不致因断液而损坏。

(2) 屏蔽泵の出液管与止回阀之间宜接旁通管,管上设 D_g10-D_g15 节流阀,该阀尽量设置靠近止回阀。旁通管另一端接至低压循环桶回气管顶部。旁通节流阀开启度是以满足冷却和润滑屏蔽泵的最小流量为准,停泵时该阀亦不关闭,作为泵的抽气阀。

(3) 一个蒸发温度系统并联两台同一规格的低压循环桶,若回气和吸气管与两台低压循环桶的进、出气管能对称连接,两个桶的底部接 D_g100 以上的均液管则两台低压循环桶可采用一套液位控制和保护装置。

7. 放油管设计

从高、低压容器内放油必须经过集油器。为了减少放油时进入集油器氨液,各容器应装油位计并在放油管上装视镜。低压容器放油管外径不宜小于 32mm 。在多蒸发温度的制冷系统,集油器回气管宜与各蒸发温度低压循环桶回气管顶部接通,这样不同压力的容器可通过集油器回气管利用各蒸发温度系统之间的压力差放油和排油。参见图5-26。

8. 融霜用热氨管设计 融霜热氨管必须在油分离器后排气管上接出,管上需装截止阀和压力表。当油分离器采用洗涤式时,可在机房内设置专供热氨融霜用的干式油分离器。

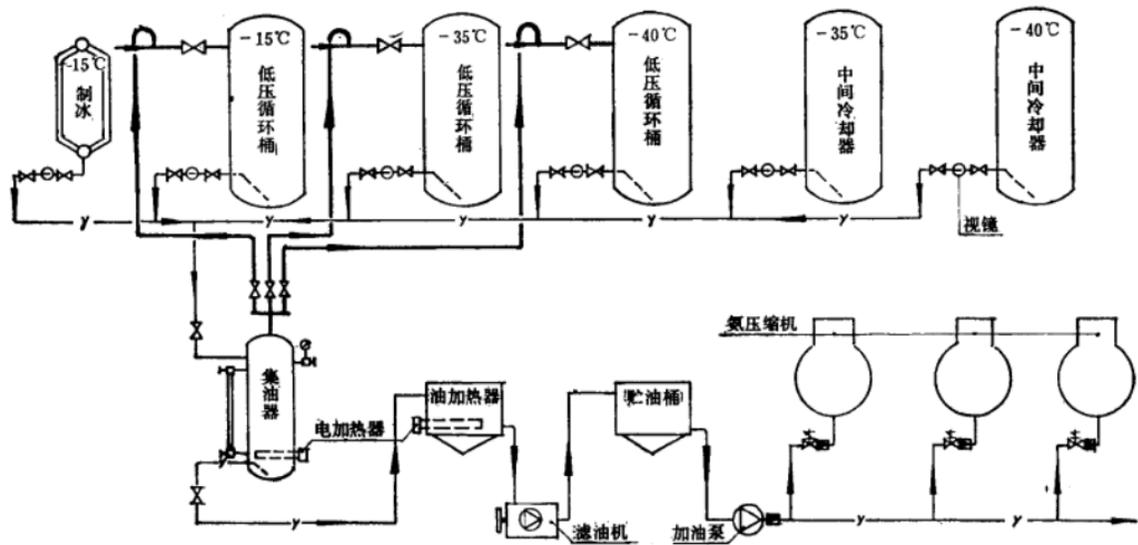


图 5—26 多蒸发温度系统集油器回气管、进出油管连接图

9. 放空气管设计 从系统中排放不凝气体必须经过空气分离器。为了便于操作管理宜选用自动型空气分离器。放空气管应直接从冷凝器和贮氨器上接出,不得利用其他管线作为放空气管。自动型空气分离器的回液管出口端应高于贮氨器容器表面600mm以上,回液管另一端应接在贮氨器液面以下,以防止产生气阻,不能下液。

10. 氨压力表 氨系统应采用氨的专用压力表,其精度应不低于2.5级,且带压力和温度刻度。高压系统采用-0.1—0—2.5MPa规格的氨真空压力表,低压系统采用-0.1—0—1.6MPa规格的氨真空压力表。氨压力表下应装氨压力表阀。

11. 制冷设备设计灌氨量 制冷设备设计灌氨量宜按表5—18规定选用。考虑到制冷系统正式投产前需试压、检漏、调试、试运转等需要,整个制冷系统设计购氨量比各设备计算灌氨总量增加10—15%。购氨量按氨液密度 $650\text{kg}/\text{m}^3$ 计算。

制冷设备设计灌氨量 表5—18

| 设备名称 | 灌氨量 (容积百分比) | 设备名称 | 灌氨量 (容积百分比) |
|-----------|----------------|-----------|----------------|
| 各式冷凝器 | 15 | “下进上出排管” | 50—60 |
| 贮氨器 | 70 | “下进上出冷风机” | 60—70 |
| 再冷却器 | 100 | 回气管 | 60 |
| 中间冷却器 | 50 | 搁架式排管 | 50 |
| 立式低压循环桶 | 35 | 平板冻结器 | 50 |
| 卧式低压循环桶 | 25 | 壳管式蒸发器 | 80 |
| 氨液分离器 | 20 | 氨液管 | 100 |
| 氨泵强制供液系统: | | 重力供液系统: | |
| “上进下出排管” | 25 | 排管 | 50—60 |
| “上进下出冷风机” | 40—50 | 冷风机 | 70 |

第六章 氟利昂系统机器设备的选择计算

一、氟压缩机选择的一般规定

1. 氟压缩机的容量应根据各蒸发温度机械负荷乘以运行时间系数来选定。除特殊要求外，一般不设备用机。

2. 选用活塞式氟压缩机时，当冷凝压力与蒸发压力之比大于10时，宜采用双级压缩；当冷凝压力与蒸发压力之比小于或等于10时，应采用单级压缩。

3. 选用氟压缩机的工作条件不得超过制造厂规定的允许条件，见表6-1、6-2。

4. 选配氟压缩机时，其制冷量宜大小搭配。

单级氟活塞式压缩机的极限工作条件 表6-1

| 制冷剂 | 活塞最大压力差 $p_1 - p_2$ (kPa) | 压缩比 p_1/p_2 | 冷凝温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 蒸发温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 排气温度 ($^{\circ}\text{C}$) |
|-----|---------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| R22 | 1373 | ≤ 10 | ≤ 40 | -40—5 | < 145 |
| R12 | 1184 | ≤ 10 | ≤ 50 | -30—10 | < 125 |

单级氟螺杆式压缩机的极限工作条件 表6-2

| 制冷剂 | 蒸发温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 冷凝温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 排气温度 ($^{\circ}\text{C}$) |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| R22 | -40—5 | ≤ 45 | < 105 |
| R12 | -40—10 | ≤ 55 | < 90 |

5. 制冷装置中的中间冷却器、油分离器、冷凝

器、贮液器等辅助设备的选择，均应与设置的氟压缩机制冷量相适应。

6. 氟压缩机标准工况和空调工况的规定（表6—3）

7. 在氟利昂冷库的制冷系统中，一般应采用回热循环。

8. 对容量为100t以下的小型冷库，压缩机每昼

夜运行时间可采用12—16h。

氟压缩机标准工况和空调工况的规定 表6—3

| 温度 工况 | 蒸发温度 (℃) | 吸气温度 (℃) | 冷凝温度 (℃) | 过冷温度 (℃) |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 标准 | -15 | 15 | 30 | 25 |
| 空调 | 5 | 15 | 35 | 30 |

二、国产系列活塞式氟压缩机的基本参数

(一) JB955-67开启式单级制冷压缩机基本参数

JB955-67开启式单级制冷压缩机基本参数

表6—4

| 缸 径 (mm) | 行 程 (mm) | 缸 数 | R22 | | | R12 | | | 活 塞 行 程 容 积 (m ³ /h) |
|-------------|-------------|-----|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------------------------------|
| | | | 转 速 (r/min) | 标准制冷量 (kW) | 标准轴功率 (kW) | 转 速 (r/min) | 标准制冷量 (kW) | 标准轴功率 (kW) | |
| 50 | 40 | 2 | 1440 | 5.581 | 1.67 | 1440 | 3.476 | 1.138 | 13.6 |
| | | 3 | | 8.372 | 2.49 | | 5.209 | 1.690 | 20.3 |
| | | 4 | | 11.163 | 3.30 | | 6.953 | 2.24 | 27.2 |
| | | 6 | | 16.744 | 4.93 | | 10.430 | 3.33 | 40.7 |
| | | 8 | | 22.325 | 6.55 | | 13.907 | 4.44 | 54.3 |

(续)

| 缸径 (mm) | 行程 (mm) | 缸数 | R22 | | | R12 | | | 活塞行程容积 (m ³ /h) |
|------------|------------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------------|
| | | | 转速 (r/min) | 标准制冷量 (kW) | 标准轴功率 (kW) | 转速 (r/min) | 标准制冷量 (kW) | 标准轴功率 (kW) | |
| 70 | 55 | 2 | 1440 | 14.674 | 4.35 | 1440 | 9.209 | 3.01 | 36.6 |
| | | 3 | | 22.023 | 6.50 | | 13.837 | 4.49 | 54.9 |
| | | 4 | | 29.302 | 8.54 | | 18.418 | 5.94 | 73.2 |
| | | 6 | | 44.069 | 12.90 | | 27.674 | 8.86 | 109.8 |
| | | 8 | | 58.721 | 17.10 | | 36.860 | 11.70 | 146.4 |
| 100 | 70 | 2 | 960 | 26.046 | 7.80 | 1440 | 24.42 | 7.98 | 63.5/95 |
| | | 4 | | 52.093 | 15.40 | | 48.84 | 15.70 | 126.9/190 |
| | | 6 | | 78.139 | 22.90 | | 73.26 | 23.50 | 190.4/285 |
| | | 8 | | 104.186 | 30.40 | | 97.68 | 31.10 | 253.8/380 |
| 125 | 100 | 2 | 960 | 58.721 | 17.60 | 960 | 36.63 | 12.0 | 114.5 |
| | | 4 | | 117.442 | 34.70 | | 73.26 | 23.6 | 283.0 |
| | | 6 | | 176.162 | 51.70 | | 109.89 | 35.2 | 424.5 |
| | | 8 | | 234.883 | 68.50 | | 146.52 | 46.7 | 566.0 |
| 170 | 140 | 2 | 720 | 123.256 | 35.10 | 720 | 76.74 | 24.0 | 275 |
| | | 4 | | 246.512 | 69.30 | | 153.48 | 47.0 | 550 |
| | | 6 | | 369.767 | 103.30 | | 230.22 | 70.7 | 825 |
| | | 8 | | 493.023 | 137.00 | | 306.96 | 93.6 | 1100 |

注：100系列活塞行程容积一行中，分子为960r/min，分母为1440r/min。

(续)

(二) JB955-67半封闭式单级制
冷压缩机基本参数

JB955-67半封闭式单级制冷压缩机基本参数
表 6—5

| 缸 径 (mm) | 行 程 (mm) | 缸 数 | R22 | | R12 | |
|-------------|-------------|-----|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | | | 转 速 (r/min) | 标准制冷量 (kW) | 转 速 (r/min) | 标准制冷量 (kW) |
| 50 | 40 | 2 | | 5.00 | | 3.18 |
| | | 3 | | 7.51 | | 4.79 |
| | | 4 | 1440 | 10.01 | 1440 | 6.38 |
| | | 6 | | 15.00 | | 9.58 |
| | | 8 | | 20.00 | | 12.76 |
| 70 | 55 | 2 | | 14.18 | | 9.01 |
| | | 3 | | 21.28 | | 13.49 |
| | | 4 | 1440 | 28.37 | 1440 | 18.02 |
| | | 6 | | 42.56 | | 26.97 |
| | | 8 | | 56.74 | | 36.04 |

| 缸 径 (mm) | 行 程 (mm) | 缸 数 | R22 | | R12 | |
|-------------|-------------|-----|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | | | 转 速 (r/min) | 标准制冷量 (kW) | 转 速 (r/min) | 标准制冷量 (kW) |
| 100 | 70 | 2 | | 25.00 | | 23.72 |
| | | 4 | 930 | 50.00 | 1440 | 47.44 |
| | | 6 | | 75.00 | | 71.16 |
| | | 8 | | 100.00 | | 94.88 |

注: 活塞行程容积见表 6—4。

除JB955-67系列氟压缩机外, 现在还生产S系列半封闭氟压缩机, 基本参数见表6—6。

S系列半封闭氟压缩机基本参数 表 6—6

| 名称 | 型 号 | S31-C | S41-C | S51-C | S61-C | S101-C | S151-C |
|-------------|-----|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | S31A-C | S41A-C | S51A-C | S61A-C | S101A-C | S151A-C |
| 缸 径 (mm) | | 47.6 | 54 | 54 | 64 | 64 | 64 |
| 行 程 (mm) | | 39.2 | 37 | 46 | 48 | 64 | 64 |
| 缸 数 (个) | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |

(续)

| 名称 \ 型号 | S31-C | S41-C | S51-C | S81-C | S101-C | S151-C | |
|----------------------------|--------------|-------|--------|-------|---------|---------|--------|
| | S31A-C | | S51A-C | | S101A-C | S151A-C | |
| 转速 (r/min) | 1450 | 1450 | 1450 | 1450 | 1450 | 1450 | |
| 排气量 (m ³ /h) | 12.1 | 14.7 | 18.4 | 26.9 | 35.8 | 53.7 | |
| 制冷量 | R12 (kW) | 3.488 | 4.302 | 5.581 | 8.139 | 11.046 | 15.814 |
| | R22 (kW) | 5.349 | 5.744 | 8.721 | 12.442 | 17.442 | 25.349 |
| | R502 (kW) | 2.612 | 3.605 | 4.651 | 6.162 | 9.302 | 14.419 |
| 噪音值(dB) | 54 | 55 | 57 | 64 | 65 | 70 | |

注: 1. 工况条件: 吸入压力饱和温度 = 蒸发温度, R12、R22、
-15℃, R502-30℃, 冷凝温度30℃。

2. 带A的型号用于空冷式冷凝器, 压缩机气缸盖上带有风扇。

3. S41、S81无A记号来区别水冷和空冷。用空冷式冷凝器时, 压缩机气缸盖上带有风扇。

三、R12、R22、R502热力性质表 和压-焓图

(一) R12热力性质和压焓图

R12热力性质和压焓图见表6-7和图6-1(见书后)。

R12热力性质

表6-7

| 温度 | 压力 | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-----------|------------------------|----------|--------------|--------------------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v ^g (L/kg) | ρ'(kg/L) | ρ ^g (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h ^g (kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' kJ/(kg·K) | s ^g kJ/(kg·K) |
| -80 | 0.0062 | 0.615 | 2140.00 | 1.626 | 0.467 | 129.14 | 315.10 | 185.96 | 0.6946 | 1.6574 |
| -79 | 0.0066 | 0.616 | 2000.23 | 1.624 | 0.500 | 130.00 | 315.57 | 185.57 | 0.6990 | 1.6548 |
| -78 | 0.0071 | 0.617 | 1871.14 | 1.621 | 0.531 | 130.85 | 316.03 | 185.18 | 0.7034 | 1.6523 |
| -77 | 0.0077 | 0.618 | 1751.82 | 1.619 | 0.571 | 131.71 | 316.50 | 184.79 | 0.7078 | 1.6499 |
| -76 | 0.0082 | 0.619 | 1641.42 | 1.616 | 0.609 | 132.57 | 316.97 | 184.40 | 0.7122 | 1.6475 |
| -75 | 0.0088 | 0.620 | 1539.19 | 1.613 | 0.650 | 133.43 | 317.44 | 184.01 | 0.7165 | 1.6451 |
| -74 | 0.0094 | 0.621 | 1444.45 | 1.611 | 0.692 | 134.29 | 317.91 | 183.62 | 0.7208 | 1.6428 |
| -73 | 0.0101 | 0.622 | 1356.57 | 1.608 | 0.737 | 135.15 | 318.38 | 183.23 | 0.7251 | 1.6406 |
| -72 | 0.0108 | 0.623 | 1274.99 | 1.606 | 0.781 | 136.01 | 318.85 | 182.84 | 0.7294 | 1.6384 |
| -71 | 0.0115 | 0.624 | 1199.19 | 1.603 | 0.834 | 136.87 | 319.32 | 182.45 | 0.7337 | 1.6362 |
| -70 | 0.0123 | 0.625 | 1128.72 | 1.600 | 0.886 | 137.73 | 319.79 | 182.06 | 0.7379 | 1.6341 |
| -69 | 0.0131 | 0.626 | 1063.13 | 1.598 | 0.941 | 138.59 | 320.26 | 181.67 | 0.7421 | 1.6321 |
| -68 | 0.0139 | 0.627 | 1002.06 | 1.595 | 0.998 | 139.45 | 320.73 | 181.28 | 0.7463 | 1.6300 |
| -67 | 0.0149 | 0.628 | 945.14 | 1.592 | 1.058 | 140.32 | 321.21 | 180.89 | 0.7505 | 1.6280 |
| -66 | 0.0158 | 0.629 | 892.05 | 1.590 | 1.121 | 141.17 | 321.68 | 180.51 | 0.7545 | 1.6261 |

(续)

| 温 度 | 压 力 | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸 发 热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-----------|------------------------|----------|-----------------------------|----------------------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v ^g (L/kg) | ρ'(kg/L) | ρ ^g (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h ^g (kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' ^l (kJ/(kg·K)) | s ^g (kJ/(kg·K)) |
| -65 | 0.0168 | 0.630 | 842.50 | 1.587 | 1.187 | 142.03 | 322.15 | 180.12 | 0.7589 | 1.6242 |
| -64 | 0.0179 | 0.631 | 796.21 | 1.584 | 1.256 | 142.90 | 322.63 | 179.73 | 0.7630 | 1.6223 |
| -63 | 0.0190 | 0.632 | 752.95 | 1.582 | 1.328 | 143.76 | 323.10 | 179.34 | 0.7671 | 1.6205 |
| -62 | 0.0201 | 0.633 | 712.49 | 1.579 | 1.404 | 144.63 | 323.58 | 178.95 | 0.7712 | 1.6187 |
| -61 | 0.0214 | 0.634 | 674.61 | 1.576 | 1.482 | 145.49 | 324.05 | 178.56 | 0.7753 | 1.6170 |
| -60 | 0.0226 | 0.636 | 639.13 | 1.574 | 1.565 | 146.36 | 324.53 | 178.17 | 0.7794 | 1.6153 |
| -59 | 0.0240 | 0.637 | 605.88 | 1.571 | 1.650 | 147.23 | 325.01 | 177.78 | 0.7834 | 1.6136 |
| -58 | 0.0254 | 0.638 | 574.70 | 1.568 | 1.740 | 148.09 | 325.48 | 177.39 | 0.7875 | 1.6120 |
| -57 | 0.0268 | 0.639 | 545.43 | 1.565 | 1.833 | 148.97 | 325.96 | 176.99 | 0.7915 | 1.6104 |
| -56 | 0.0284 | 0.640 | 517.94 | 1.563 | 1.931 | 149.84 | 326.44 | 176.60 | 0.7955 | 1.6088 |
| -55 | 0.0300 | 0.641 | 492.11 | 1.560 | 2.032 | 150.70 | 326.91 | 176.21 | 0.7995 | 1.6072 |
| -54 | 0.0317 | 0.642 | 467.83 | 1.557 | 2.138 | 151.57 | 327.39 | 175.82 | 0.8035 | 1.6057 |
| -53 | 0.0334 | 0.643 | 444.98 | 1.554 | 2.247 | 152.45 | 327.87 | 175.42 | 0.8074 | 1.6043 |
| -52 | 0.0353 | 0.644 | 423.47 | 1.552 | 2.361 | 153.32 | 328.35 | 175.03 | 0.8114 | 1.6028 |
| -51 | 0.0372 | 0.646 | 403.21 | 1.549 | 2.480 | 154.19 | 328.82 | 174.63 | 0.8153 | 1.6014 |

(续)

| 温度 t(°C) | 压力 | | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | |
|-------------|--------|----------|-----------|-----------------|-------------------------------|-----------|------------|---------------|-----------------|----------------|----|
| | p(MPa) | v'(L/kg) | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| | | | v''(L/kg) | ρ'' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | s'(kJ/(kg·K)) | | s''(kJ/(kg·K)) | |
| -50 | 0.0392 | 0.647 | 384.11 | 1.546 | 2.603 | 155.06 | 329.30 | 174.24 | 0.8192 | 1.6000 | |
| -49 | 0.0412 | 0.648 | 366.10 | 1.543 | 2.731 | 155.94 | 329.78 | 173.84 | 0.8231 | 1.5967 | |
| -48 | 0.0434 | 0.649 | 349.11 | 1.541 | 2.864 | 156.81 | 330.25 | 173.44 | 0.8270 | 1.5974 | |
| -47 | 0.0457 | 0.650 | 333.07 | 1.538 | 3.002 | 157.69 | 330.73 | 173.04 | 0.8309 | 1.5961 | |
| -46 | 0.0480 | 0.651 | 317.91 | 1.535 | 3.146 | 158.57 | 331.21 | 172.64 | 0.8347 | 1.5948 | |
| -45 | 0.0505 | 0.653 | 303.59 | 1.532 | 3.294 | 159.45 | 331.69 | 172.24 | 0.8386 | 1.5936 | |
| -44 | 0.0530 | 0.654 | 290.04 | 1.529 | 3.448 | 160.32 | 332.16 | 171.84 | 0.8424 | 1.5923 | |
| -43 | 0.0556 | 0.655 | 277.23 | 1.526 | 3.607 | 161.21 | 332.64 | 171.43 | 0.8463 | 1.5912 | |
| -42 | 0.0584 | 0.656 | 265.10 | 1.524 | 3.772 | 162.08 | 333.11 | 171.03 | 0.8501 | 1.5900 | |
| -41 | 0.0612 | 0.658 | 253.61 | 1.521 | 3.943 | 162.97 | 333.59 | 170.62 | 0.8539 | 1.5889 | |
| -40 | 0.0642 | 0.659 | 242.72 | 1.518 | 4.120 | 163.85 | 334.07 | 170.22 | 0.8576 | 1.5877 | |
| -39 | 0.0673 | 0.660 | 232.40 | 1.515 | 4.303 | 164.73 | 334.54 | 169.81 | 0.8614 | 1.5867 | |
| -38 | 0.0705 | 0.661 | 222.61 | 1.512 | 4.492 | 165.62 | 335.02 | 169.40 | 0.8652 | 1.5856 | |
| -37 | 0.0738 | 0.663 | 213.32 | 1.509 | 4.688 | 166.50 | 335.49 | 168.99 | 0.8689 | 1.5846 | |
| -36 | 0.0772 | 0.664 | 204.50 | 1.506 | 4.890 | 167.39 | 335.97 | 168.58 | 0.8727 | 1.5835 | |

(续)

| 温度 | 压力 | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|-----------|----------------|-------------------------------|-----------|------------|----------|----------------|-----------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v''(L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| -35 | 0.0807 | 0.665 | 196.12 | 1.504 | 5.099 | 168.27 | 336.44 | 168.17 | 0.8764 | 1.5825 |
| -34 | 0.0844 | 0.666 | 188.16 | 1.501 | 5.315 | 169.16 | 336.91 | 167.75 | 0.8801 | 1.5816 |
| -33 | 0.0882 | 0.668 | 180.59 | 1.498 | 5.538 | 170.05 | 337.39 | 167.34 | 0.8838 | 1.5806 |
| -32 | 0.0922 | 0.669 | 173.39 | 1.495 | 5.767 | 170.94 | 337.86 | 166.92 | 0.8875 | 1.5897 |
| -31 | 0.0962 | 0.670 | 166.53 | 1.492 | 6.005 | 171.83 | 338.33 | 166.50 | 0.8912 | 1.5788 |
| -30 | 0.1005 | 0.672 | 160.01 | 1.489 | 6.250 | 172.72 | 338.80 | 166.08 | 0.8948 | 1.5779 |
| -29 | 0.1048 | 0.673 | 153.80 | 1.486 | 6.502 | 173.61 | 339.27 | 165.66 | 0.8985 | 1.5770 |
| -28 | 0.1093 | 0.674 | 117.88 | 1.483 | 6.762 | 174.51 | 339.74 | 165.23 | 0.9021 | 1.5761 |
| -27 | 0.1140 | 0.676 | 142.24 | 1.480 | 7.030 | 175.40 | 340.21 | 164.81 | 0.9057 | 1.5753 |
| -26 | 0.1188 | 0.677 | 136.86 | 1.477 | 7.307 | 176.30 | 340.68 | 164.38 | 0.9094 | 1.5745 |
| -25 | 0.1237 | 0.678 | 131.73 | 1.474 | 7.591 | 177.20 | 341.15 | 163.95 | 0.9130 | 1.5737 |
| -24 | 0.1289 | 0.680 | 126.83 | 1.471 | 7.885 | 178.10 | 341.62 | 163.52 | 0.9166 | 1.5729 |
| -23 | 0.1342 | 0.681 | 122.15 | 1.468 | 8.186 | 178.99 | 342.08 | 163.09 | 0.9202 | 1.5721 |
| -22 | 0.1396 | 0.683 | 117.69 | 1.465 | 8.497 | 179.90 | 342.55 | 162.65 | 0.9237 | 1.5714 |
| -21 | 0.1452 | 0.684 | 113.42 | 1.462 | 8.817 | 180.80 | 343.01 | 162.21 | 0.9273 | 1.5706 |

(续)

| 温度 t(°C) | 压力 p(MPa) | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | |
|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|-------------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|-------------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| | | v' (L/kg) | v'' (L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h' (kJ/kg) | h'' (kJ/kg) | | s' (kJ/(kg·K)) | s'' (kJ/(kg·K)) |
| -20 | 0.1510 | 0.685 | 109.34 | 1.459 | 9.146 | 181.70 | 343.48 | 161.78 | 0.9309 | 1.5699 |
| -19 | 0.1570 | 0.687 | 105.44 | 1.456 | 9.484 | 182.60 | 343.94 | 161.34 | 0.9344 | 1.5692 |
| -18 | 0.1631 | 0.688 | 101.71 | 1.453 | 9.832 | 183.51 | 344.40 | 160.89 | 0.9379 | 1.5685 |
| -17 | 0.1695 | 0.690 | 98.14 | 1.450 | 10.189 | 184.41 | 344.86 | 160.45 | 0.9115 | 1.5679 |
| -16 | 0.1760 | 0.691 | 94.72 | 1.447 | 10.557 | 185.32 | 345.32 | 160.00 | 0.9450 | 1.5672 |
| -15 | 0.1827 | 0.693 | 91.45 | 1.444 | 10.935 | 186.23 | 345.78 | 159.55 | 0.9485 | 1.5666 |
| -14 | 0.1896 | 0.694 | 88.32 | 1.441 | 11.323 | 187.14 | 346.24 | 159.10 | 0.9520 | 1.5659 |
| -13 | 0.1967 | 0.696 | 85.31 | 1.438 | 11.721 | 188.05 | 346.70 | 158.65 | 0.9555 | 1.5653 |
| -12 | 0.2040 | 0.697 | 82.44 | 1.434 | 12.131 | 188.96 | 347.15 | 158.19 | 0.9590 | 1.5647 |
| -11 | 0.2115 | 0.699 | 79.67 | 1.431 | 12.551 | 189.87 | 347.61 | 157.74 | 0.9621 | 1.5641 |
| -10 | 0.2193 | 0.700 | 77.03 | 1.428 | 12.983 | 190.78 | 348.06 | 157.28 | 0.9659 | 1.5636 |
| -9 | 0.2272 | 0.702 | 74.49 | 1.425 | 13.425 | 191.71 | 348.52 | 156.81 | 0.9693 | 1.5630 |
| -8 | 0.2354 | 0.703 | 72.05 | 1.422 | 13.880 | 192.62 | 348.97 | 156.35 | 0.9728 | 1.5625 |
| -7 | 0.2437 | 0.705 | 69.70 | 1.419 | 14.346 | 193.54 | 349.42 | 155.88 | 0.9762 | 1.5619 |
| -6 | 0.2523 | 0.706 | 67.46 | 1.415 | 14.825 | 194.46 | 349.87 | 155.11 | 0.9796 | 1.5611 |

(续)

| 温度 | 压力 | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|----|--------|-----------------------|-----------------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|--------|--------------------|---------------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| | | $t(^{\circ}\text{C})$ | $p(\text{MPa})$ | $v'(\text{L/kg})$ | $v''(\text{L/kg})$ | $\rho'(\text{kg/L})$ | $\rho''(\text{kg/m}^3)$ | | $h'(\text{kJ/kg})$ | $h''(\text{kJ/kg})$ |
| -5 | 0.2612 | 0.708 | 65.29 | 1.112 | 15.315 | 195.38 | 350.32 | 151.91 | 0.9830 | 1.5609 |
| -4 | 0.2702 | 0.710 | 63.22 | 1.409 | 15.818 | 196.30 | 350.76 | 151.46 | 0.9865 | 1.5601 |
| -3 | 0.2795 | 0.711 | 61.22 | 1.406 | 16.331 | 197.22 | 351.21 | 153.99 | 0.9899 | 1.5599 |
| -2 | 0.2891 | 0.713 | 59.30 | 1.403 | 16.863 | 198.15 | 351.65 | 153.50 | 0.9932 | 1.5594 |
| -1 | 0.2989 | 0.715 | 57.45 | 1.399 | 17.405 | 199.07 | 352.09 | 153.02 | 0.9966 | 1.5589 |
| 0 | 0.3089 | 0.716 | 55.68 | 1.396 | 17.960 | 200.00 | 352.54 | 152.54 | 1.0000 | 1.5584 |
| 1 | 0.3192 | 0.718 | 53.97 | 1.393 | 18.530 | 200.92 | 352.97 | 152.05 | 1.0034 | 1.5580 |
| 2 | 0.3297 | 0.720 | 52.32 | 1.389 | 19.113 | 201.86 | 353.41 | 151.55 | 1.0067 | 1.5575 |
| 3 | 0.3405 | 0.721 | 50.74 | 1.386 | 19.710 | 202.79 | 353.85 | 151.06 | 1.0101 | 1.5571 |
| 4 | 0.3516 | 0.723 | 49.21 | 1.383 | 20.322 | 203.72 | 354.28 | 150.56 | 1.0134 | 1.5567 |
| 5 | 0.3629 | 0.725 | 47.74 | 1.379 | 20.949 | 204.66 | 354.72 | 150.06 | 1.0168 | 1.5563 |
| 6 | 0.3746 | 0.727 | 46.32 | 1.376 | 21.590 | 205.59 | 355.15 | 149.56 | 1.0201 | 1.5559 |
| 7 | 0.3865 | 0.728 | 44.95 | 1.373 | 22.247 | 206.53 | 355.58 | 149.05 | 1.0234 | 1.5555 |
| 8 | 0.3986 | 0.730 | 43.63 | 1.369 | 22.920 | 207.47 | 356.01 | 148.54 | 1.0267 | 1.5551 |
| 9 | 0.4111 | 0.732 | 42.36 | 1.366 | 23.608 | 208.42 | 356.44 | 148.02 | 1.0300 | 1.5547 |

(续)

| 温 度 | 压 力 | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸 发 热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-----------|------------------------|----------|----------------|----------------------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v ^g (L/kg) | ρ'(kg/L) | ρ ^g (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h ^g (kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' [kJ/(kg·K)] | s ^g [kJ/(kg·K)] |
| 10 | 0.4238 | 0.734 | 41.13 | 1.363 | 24.313 | 209.35 | 356.86 | 147.51 | 1.0333 | 1.5543 |
| 11 | 0.4389 | 0.736 | 39.95 | 1.359 | 25.034 | 210.30 | 357.28 | 146.98 | 1.0366 | 1.5539 |
| 12 | 0.4502 | 0.738 | 38.80 | 1.356 | 25.771 | 211.25 | 357.71 | 146.46 | 1.0399 | 1.5536 |
| 13 | 0.4639 | 0.739 | 37.70 | 1.352 | 26.526 | 212.20 | 358.13 | 145.93 | 1.0432 | 1.5532 |
| 14 | 0.4778 | 0.741 | 36.63 | 1.349 | 27.299 | 213.14 | 358.54 | 145.40 | 1.0465 | 1.5529 |
| 15 | 0.4921 | 0.743 | 35.60 | 1.345 | 28.089 | 214.10 | 358.96 | 144.86 | 1.0498 | 1.5525 |
| 16 | 0.5067 | 0.745 | 34.61 | 1.342 | 28.897 | 215.05 | 359.37 | 144.32 | 1.0530 | 1.5522 |
| 17 | 0.5216 | 0.747 | 33.64 | 1.338 | 29.721 | 216.01 | 359.79 | 143.78 | 1.0563 | 1.5518 |
| 18 | 0.5368 | 0.749 | 32.71 | 1.335 | 30.569 | 216.97 | 360.20 | 143.23 | 1.0595 | 1.5515 |
| 19 | 0.5524 | 0.751 | 31.81 | 1.331 | 31.434 | 217.92 | 360.60 | 142.68 | 1.0628 | 1.5512 |
| 20 | 0.5682 | 0.753 | 30.94 | 1.328 | 32.318 | 218.88 | 361.01 | 142.13 | 1.0660 | 1.5509 |
| 21 | 0.5845 | 0.755 | 30.10 | 1.324 | 33.222 | 219.84 | 361.41 | 141.57 | 1.0693 | 1.5506 |
| 22 | 0.6011 | 0.757 | 29.29 | 1.320 | 34.146 | 220.81 | 361.81 | 141.00 | 1.0725 | 1.5502 |
| 23 | 0.6180 | 0.759 | 28.50 | 1.317 | 35.091 | 221.78 | 362.21 | 140.43 | 1.0757 | 1.5499 |
| 24 | 0.6352 | 0.762 | 27.73 | 1.313 | 36.057 | 222.75 | 362.61 | 139.86 | 1.0790 | 1.5496 |

• 417 •

(续)

| 温 度 | 压 力 | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸 发 热 | 焓 | |
|-------|--------|-------------|--------------|----------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------|------------------|-------------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 |
| | | v' (L/kg) | v'' (L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h' (kJ/kg) | h'' (kJ/kg) | | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| t(°C) | p(MPa) | v' (L/kg) | v'' (L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h' (kJ/kg) | h'' (kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| 25 | 0.6529 | 0.764 | 26.99 | 1.309 | 37.015 | 223.72 | 363.00 | 139.28 | 1.0822 | 1.5493 |
| 26 | 0.6709 | 0.766 | 26.28 | 1.306 | 38.054 | 224.69 | 363.39 | 138.70 | 1.0854 | 1.5491 |
| 27 | 0.6892 | 0.768 | 25.58 | 1.302 | 39.086 | 225.67 | 363.78 | 138.11 | 1.0886 | 1.5488 |
| 28 | 0.7080 | 0.770 | 24.91 | 1.298 | 40.141 | 226.65 | 364.17 | 137.52 | 1.0918 | 1.5485 |
| 29 | 0.7271 | 0.772 | 24.26 | 1.295 | 41.219 | 227.64 | 364.56 | 136.92 | 1.0950 | 1.5482 |
| 30 | 0.7465 | 0.775 | 23.63 | 1.291 | 42.321 | 228.62 | 364.94 | 136.32 | 1.0982 | 1.5479 |
| 31 | 0.7664 | 0.777 | 23.02 | 1.287 | 43.447 | 229.61 | 365.32 | 135.71 | 1.1014 | 1.5476 |
| 32 | 0.7867 | 0.779 | 22.42 | 1.283 | 44.598 | 230.59 | 365.69 | 135.10 | 1.1046 | 1.5474 |
| 33 | 0.8073 | 0.782 | 21.85 | 1.279 | 45.774 | 231.59 | 366.07 | 134.48 | 1.1078 | 1.5471 |
| 34 | 0.8284 | 0.784 | 21.29 | 1.275 | 46.976 | 232.59 | 366.44 | 133.85 | 1.1110 | 1.5468 |
| 35 | 0.8498 | 0.786 | 20.75 | 1.271 | 48.204 | 233.58 | 366.80 | 133.22 | 1.1142 | 1.5465 |
| 36 | 0.8717 | 0.789 | 20.22 | 1.268 | 49.459 | 234.59 | 367.17 | 132.58 | 1.1174 | 1.5463 |
| 37 | 0.8940 | 0.791 | 19.71 | 1.264 | 50.742 | 235.59 | 367.53 | 131.94 | 1.1206 | 1.5460 |
| 38 | 0.9167 | 0.794 | 19.21 | 1.260 | 52.053 | 236.60 | 367.89 | 131.29 | 1.1238 | 1.5457 |
| 39 | 0.9398 | 0.796 | 18.73 | 1.256 | 53.393 | 237.61 | 368.25 | 130.64 | 1.1270 | 1.5455 |

(续)

| 温度 | 压力 | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|-----------|----------------|-------------------------------|-----------|------------|----------|----------------|-----------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v''(L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| 40 | 0.9634 | 0.799 | 18.26 | 1.252 | 54.762 | 238.62 | 368.60 | 129.98 | 1.1301 | 1.5452 |
| 41 | 0.9874 | 0.802 | 17.81 | 1.248 | 56.161 | 239.64 | 368.95 | 129.31 | 1.1333 | 1.5449 |
| 42 | 1.0118 | 0.804 | 17.36 | 1.244 | 57.591 | 240.66 | 369.29 | 128.63 | 1.1365 | 1.5447 |
| 43 | 1.0367 | 0.807 | 16.93 | 1.239 | 59.052 | 241.68 | 369.63 | 127.95 | 1.1397 | 1.5444 |
| 44 | 1.0620 | 0.810 | 16.52 | 1.235 | 60.546 | 242.71 | 369.97 | 127.26 | 1.1429 | 1.5441 |
| 45 | 1.0878 | 0.812 | 16.11 | 1.231 | 62.072 | 243.75 | 370.31 | 126.56 | 1.1460 | 1.5439 |
| 46 | 1.1140 | 0.815 | 15.72 | 1.227 | 63.633 | 244.78 | 370.64 | 125.86 | 1.1492 | 1.5436 |
| 47 | 1.1407 | 0.818 | 15.33 | 1.223 | 65.228 | 245.82 | 370.97 | 125.15 | 1.1524 | 1.5433 |
| 48 | 1.1679 | 0.821 | 14.96 | 1.218 | 66.858 | 246.86 | 371.29 | 124.43 | 1.1556 | 1.5431 |
| 49 | 1.1955 | 0.824 | 14.59 | 1.214 | 68.525 | 247.91 | 371.61 | 123.70 | 1.1588 | 1.5428 |
| 50 | 1.2236 | 0.827 | 14.24 | 1.210 | 70.229 | 248.96 | 371.92 | 122.96 | 1.1620 | 1.5425 |

(二) R22热力性质和压焓图

书后)。

R22热力性质和压焓图见表6—8和图6—2(见

R22热力性质

表6—8

| 温 度 | 压 力 | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸 发 热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-----------|------------------------|----------|----------------|----------------------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v ^g (L/kg) | ρ'(kg/L) | ρ ^g (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h ^g (kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' [kJ/(kg·K)] | s ^g [kJ/(kg·K)] |
| -76 | 0.0139 | 0.664 | 1356.69 | 1.506 | 0.737 | 117.33 | 369.90 | 252.57 | 0.6493 | 1.9305 |
| -75 | 0.0149 | 0.665 | 1273.99 | 1.504 | 0.785 | 118.27 | 370.41 | 252.14 | 0.6541 | 1.9266 |
| -74 | 0.0159 | 0.666 | 1197.19 | 1.501 | 0.835 | 119.20 | 370.92 | 251.72 | 0.6588 | 1.9228 |
| -73 | 0.0170 | 0.667 | 1125.81 | 1.499 | 0.888 | 120.16 | 371.44 | 251.28 | 0.6636 | 1.9190 |

(续)

| 温 度 | 压 力 | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸 发 热 | 熵 | |
|-------|--------|-------------|--------------|----------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------|------------------|-------------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 |
| | | v' (L/kg) | v'' (L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h' (kJ/kg) | h'' (kJ/kg) | | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| t(°C) | p(MPa) | v' (L/kg) | v'' (L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h' (kJ/kg) | h'' (kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| -72 | 0.0181 | 0.668 | 1059.43 | 1.496 | 0.944 | 121.11 | 371.95 | 250.84 | 0.6683 | 1.915 3 |
| -71 | 0.0193 | 0.669 | 997.65 | 1.494 | 1.002 | 122.06 | 372.46 | 250.40 | 0.6730 | 1.9117 |
| -70 | 0.0206 | 0.671 | 940.11 | 1.491 | 1.064 | 123.02 | 372.97 | 249.95 | 0.6778 | 1.9081 |
| -69 | 0.0220 | 0.672 | 886.47 | 1.489 | 1.128 | 123.98 | 373.48 | 249.50 | 0.6825 | 1.9046 |
| -68 | 0.0234 | 0.673 | 836.43 | 1.486 | 1.196 | 124.95 | 374.00 | 249.05 | 0.6872 | 1.9012 |
| -67 | 0.0249 | 0.674 | 789.73 | 1.483 | 1.266 | 125.92 | 374.51 | 248.59 | 0.6919 | 1.8977 |
| -66 | 0.0264 | 0.675 | 746.10 | 1.481 | 1.340 | 126.90 | 375.02 | 248.12 | 0.6966 | 1.8944 |
| -65 | 0.0281 | 0.677 | 705.32 | 1.478 | 1.418 | 127.88 | 375.53 | 247.65 | 0.7013 | 1.8911 |
| -64 | 0.0298 | 0.678 | 667.17 | 1.476 | 1.499 | 128.86 | 376.04 | 247.18 | 0.7060 | 1.8879 |
| -63 | 0.0316 | 0.679 | 631.47 | 1.473 | 1.584 | 129.85 | 376.55 | 246.70 | 0.7107 | 1.8847 |
| -62 | 0.0335 | 0.680 | 598.03 | 1.470 | 1.672 | 130.85 | 377.06 | 246.21 | 0.7155 | 1.8815 |
| -61 | 0.0355 | 0.681 | 566.68 | 1.468 | 1.765 | 131.83 | 377.56 | 245.73 | 0.7201 | 1.8784 |
| -60 | 0.0376 | 0.683 | 537.29 | 1.465 | 1.861 | 132.84 | 378.07 | 245.23 | 0.7249 | 1.8754 |
| -59 | 0.0398 | 0.684 | 509.71 | 1.462 | 1.962 | 133.85 | 378.58 | 244.73 | 0.7296 | 1.8724 |

(续)

| 温度 t(°C) | 压力 p(MPa) | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | |
|-------------|--------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| | | 液体 v'(L/kg) | 蒸气 v"(L/kg) | 液体 ρ'(kg/L) | 蒸气 ρ"(kg/m³) | 液体 h'(kJ/kg) | 蒸气 h"(kJ/kg) | | 液体 s'(kJ/(kg·K)) | 蒸气 s"(kJ/(kg·K)) |
| -58 | 0.0421 | 0.685 | 483.81 | 1.460 | 2.067 | 134.85 | 379.08 | 244.23 | 0.7342 | 1.8694 |
| -57 | 0.0445 | 0.686 | 459.47 | 1.457 | 2.176 | 135.88 | 379.59 | 243.71 | 0.7390 | 1.8665 |
| -56 | 0.0470 | 0.688 | 436.59 | 1.454 | 2.290 | 136.89 | 380.09 | 243.20 | 0.7437 | 1.8636 |
| -55 | 0.0497 | 0.689 | 415.07 | 1.452 | 2.409 | 137.92 | 380.60 | 242.68 | 0.7483 | 1.8608 |
| -54 | 0.0524 | 0.690 | 394.81 | 1.449 | 2.533 | 138.95 | 381.10 | 242.15 | 0.7530 | 1.8580 |
| -53 | 0.0553 | 0.691 | 375.73 | 1.446 | 2.661 | 139.98 | 381.60 | 241.62 | 0.7577 | 1.8553 |
| -52 | 0.0583 | 0.693 | 357.76 | 1.443 | 2.795 | 141.02 | 382.10 | 241.08 | 0.7624 | 1.8525 |
| -51 | 0.0614 | 0.694 | 340.81 | 1.441 | 2.934 | 142.06 | 382.60 | 240.54 | 0.7671 | 1.8499 |
| -50 | 0.0646 | 0.695 | 324.82 | 1.438 | 3.079 | 143.10 | 383.09 | 239.99 | 0.7718 | 1.8473 |
| -49 | 0.0680 | 0.697 | 309.72 | 1.435 | 3.229 | 144.16 | 383.59 | 239.43 | 0.7765 | 1.8447 |
| -48 | 0.0715 | 0.698 | 295.47 | 1.432 | 3.384 | 145.21 | 384.08 | 238.87 | 0.7812 | 1.8427 |
| -47 | 0.0752 | 0.699 | 282.00 | 1.430 | 3.546 | 146.27 | 384.57 | 238.30 | 0.7859 | 1.8396 |
| -46 | 0.0790 | 0.701 | 269.27 | 1.427 | 3.714 | 147.33 | 385.06 | 237.73 | 0.7905 | 1.8371 |
| -45 | 0.0830 | 0.702 | 257.23 | 1.424 | 3.888 | 148.40 | 385.55 | 237.15 | 0.7952 | 1.8347 |
| -44 | 0.0871 | 0.704 | 245.83 | 1.421 | 4.068 | 149.47 | 386.04 | 236.57 | 0.7999 | 1.8323 |

(续)

| 温度 t(°C) | 压力 p(MPa) | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | |
|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|-------------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|-------------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| | | v' (L/kg) | v'' (L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h' (kJ/kg) | h'' (kJ/kg) | | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| -43 | 0.0914 | 0.705 | 235.04 | 1.419 | 4.255 | 150.55 | 386.53 | 235.98 | 0.8045 | 1.8299 |
| -42 | 0.0959 | 0.706 | 224.82 | 1.416 | 4.448 | 151.63 | 387.01 | 235.38 | 0.8092 | 1.8275 |
| -41 | 0.1005 | 0.708 | 215.13 | 1.413 | 4.648 | 152.71 | 387.49 | 234.78 | 0.8139 | 1.8252 |
| -40 | 0.1053 | 0.709 | 205.95 | 1.410 | 4.856 | 153.80 | 387.97 | 234.17 | 0.8186 | 1.8229 |
| -39 | 0.1103 | 0.711 | 197.24 | 1.407 | 5.070 | 154.89 | 388.45 | 233.56 | 0.8232 | 1.8207 |
| -38 | 0.1155 | 0.712 | 188.97 | 1.404 | 5.292 | 156.00 | 388.93 | 232.93 | 0.8279 | 1.8184 |
| -37 | 0.1208 | 0.714 | 181.11 | 1.401 | 5.521 | 157.09 | 389.40 | 232.31 | 0.8325 | 1.8162 |
| -36 | 0.1264 | 0.715 | 173.66 | 1.399 | 5.759 | 158.19 | 389.87 | 231.68 | 0.8371 | 1.8141 |
| -35 | 0.1321 | 0.717 | 166.57 | 1.396 | 6.004 | 159.30 | 390.34 | 231.04 | 0.8418 | 1.8119 |
| -34 | 0.1381 | 0.718 | 159.83 | 1.393 | 6.257 | 160.42 | 390.81 | 230.39 | 0.8465 | 1.8098 |
| -33 | 0.1442 | 0.720 | 153.42 | 1.390 | 6.518 | 161.53 | 391.27 | 229.74 | 0.8511 | 1.8077 |
| -32 | 0.1506 | 0.721 | 147.32 | 1.387 | 6.788 | 162.64 | 391.73 | 229.09 | 0.8557 | 1.8057 |
| -31 | 0.1572 | 0.723 | 141.51 | 1.384 | 7.067 | 163.77 | 392.19 | 228.42 | 0.8603 | 1.8036 |
| -30 | 0.1640 | 0.724 | 135.98 | 1.381 | 7.354 | 164.89 | 392.65 | 227.76 | 0.8649 | 1.8016 |

(续)

| 温度 t(°C) | 压力 p(MPa) | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸发热 r(kJ/kg) | 熵 | |
|-------------|--------------|-------------|--------------|----------------|-------------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|-------------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| | | v' (L/kg) | v'' (L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h' (kJ/kg) | h'' (kJ/kg) | | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| -29 | 0.1711 | 0.726 | 130.71 | 1.378 | 7.651 | 166.02 | 393.10 | 227.08 | 0.8696 | 1.7996 |
| -28 | 0.1783 | 0.727 | 125.69 | 1.375 | 7.956 | 167.16 | 393.56 | 226.40 | 0.8742 | 1.7977 |
| -27 | 0.1858 | 0.729 | 120.90 | 1.372 | 8.271 | 168.30 | 394.01 | 225.71 | 0.8788 | 1.7957 |
| -26 | 0.1936 | 0.730 | 116.33 | 1.369 | 8.596 | 169.43 | 394.45 | 225.02 | 0.8834 | 1.7938 |
| -25 | 0.1016 | 0.732 | 111.97 | 1.366 | 8.931 | 170.58 | 394.90 | 224.32 | 0.8880 | 1.7919 |
| -24 | 0.1099 | 0.734 | 107.81 | 1.363 | 9.276 | 171.72 | 395.34 | 223.62 | 0.8925 | 1.7900 |
| -23 | 0.2184 | 0.735 | 103.83 | 1.360 | 9.631 | 172.86 | 395.77 | 222.91 | 0.8971 | 1.7882 |
| -22 | 0.2271 | 0.737 | 100.03 | 1.357 | 9.997 | 174.02 | 396.21 | 222.19 | 0.9017 | 1.7864 |
| -21 | 0.2362 | 0.739 | 96.40 | 1.354 | 10.373 | 175.17 | 396.64 | 221.47 | 0.9062 | 1.7845 |
| -20 | 0.2455 | 0.740 | 92.93 | 1.351 | 10.761 | 176.33 | 397.07 | 220.74 | 0.9108 | 1.7827 |
| -19 | 0.2551 | 0.742 | 89.61 | 1.348 | 11.159 | 177.50 | 397.50 | 220.00 | 0.9153 | 1.7810 |
| -18 | 0.2650 | 0.744 | 86.44 | 1.344 | 11.569 | 178.66 | 397.92 | 219.26 | 0.9199 | 1.7792 |
| -17 | 0.2752 | 0.746 | 83.40 | 1.341 | 11.991 | 179.82 | 398.34 | 218.52 | 0.9244 | 1.7775 |
| -16 | 0.2856 | 0.747 | 80.49 | 1.338 | 12.425 | 180.99 | 398.75 | 217.76 | 0.9289 | 1.7758 |
| -15 | 0.2964 | 0.749 | 77.70 | 1.335 | 12.870 | 182.17 | 399.17 | 217.00 | 0.9335 | 1.7740 |

(续)

| 温度 | 压力 | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|----------|----------------|-------------------------------|-----------|------------|----------|---------------|----------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v"(L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | r(kJ/kg) | s'(kJ/(kg·K)) | s''(kJ/(kg·K)) |
| -14 | 0.3075 | 0.751 | 75.03 | 1.332 | 13.328 | 183.34 | 399.58 | 216.24 | 0.9379 | 1.7724 |
| -13 | 0.3189 | 0.753 | 72.47 | 1.329 | 13.799 | 184.51 | 399.98 | 215.47 | 0.9424 | 1.7707 |
| -12 | 0.3306 | 0.754 | 70.01 | 1.326 | 14.283 | 185.69 | 400.38 | 214.69 | 0.9469 | 1.7690 |
| -11 | 0.3426 | 0.756 | 67.66 | 1.322 | 14.780 | 186.87 | 400.78 | 213.91 | 0.9514 | 1.7674 |
| -10 | 0.3550 | 0.758 | 65.40 | 1.319 | 15.290 | 188.06 | 401.18 | 213.12 | 0.9559 | 1.7658 |
| -9 | 0.3677 | 0.760 | 63.23 | 1.316 | 15.814 | 189.24 | 401.57 | 212.33 | 0.9603 | 1.7642 |
| -8 | 0.3807 | 0.762 | 61.15 | 1.313 | 16.352 | 190.43 | 401.96 | 211.53 | 0.9648 | 1.7626 |
| -7 | 0.3941 | 0.764 | 59.16 | 1.309 | 16.905 | 191.61 | 402.34 | 210.73 | 0.9692 | 1.7610 |
| -6 | 0.4078 | 0.766 | 57.24 | 1.306 | 17.471 | 192.81 | 402.73 | 209.92 | 0.9736 | 1.7594 |
| -5 | 0.4219 | 0.768 | 55.39 | 1.303 | 18.053 | 194.00 | 403.10 | 209.10 | 0.9781 | 1.7579 |
| -4 | 0.4364 | 0.770 | 53.62 | 1.299 | 18.650 | 195.20 | 403.48 | 208.28 | 0.9825 | 1.7563 |
| -3 | 0.4512 | 0.772 | 51.92 | 1.296 | 19.262 | 196.40 | 403.85 | 207.45 | 0.9869 | 1.7548 |
| -2 | 0.4664 | 0.774 | 50.28 | 1.293 | 19.890 | 197.59 | 404.21 | 206.62 | 0.9912 | 1.7533 |
| -1 | 0.4820 | 0.776 | 48.70 | 1.289 | 20.534 | 198.79 | 404.57 | 205.78 | 0.9956 | 1.7517 |

• 425 •

(续)

| 温度 | 压力 | 比容 | | 密度 | | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|-----------|----------------|-------------------------------|-----------|------------|----------|----------------|-----------------|
| | | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v''(L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| 0 | 0.4980 | 0.778 | 47.18 | 1.286 | 21.194 | 200.00 | 404.93 | 204.93 | 1.0000 | 1.7502 |
| 1 | 0.5143 | 0.780 | 45.72 | 1.282 | 21.871 | 201.20 | 405.28 | 204.08 | 1.0043 | 1.7488 |
| 2 | 0.5311 | 0.782 | 44.32 | 1.279 | 22.566 | 202.41 | 405.63 | 203.22 | 1.0087 | 1.7473 |
| 3 | 0.5483 | 0.784 | 42.96 | 1.276 | 23.277 | 203.62 | 405.98 | 202.36 | 1.0130 | 1.7458 |
| 4 | 0.5659 | 0.786 | 41.66 | 1.272 | 24.006 | 204.83 | 406.32 | 201.49 | 1.0174 | 1.7444 |
| 5 | 0.5839 | 0.788 | 40.40 | 1.269 | 24.753 | 206.03 | 406.65 | 200.62 | 1.0216 | 1.7429 |
| 6 | 0.6023 | 0.790 | 39.19 | 1.265 | 25.519 | 207.25 | 406.99 | 199.74 | 1.0259 | 1.7415 |
| 7 | 0.6211 | 0.793 | 38.02 | 1.262 | 26.304 | 208.45 | 407.31 | 198.86 | 1.0302 | 1.7400 |
| 8 | 0.6404 | 0.795 | 36.89 | 1.258 | 27.107 | 209.67 | 407.64 | 197.97 | 1.0345 | 1.7386 |
| 9 | 0.6601 | 0.797 | 35.80 | 1.254 | 27.930 | 210.89 | 407.96 | 197.07 | 1.0387 | 1.7372 |
| 10 | 0.6803 | 0.799 | 34.75 | 1.251 | 28.774 | 212.10 | 408.27 | 196.17 | 1.0430 | 1.7358 |
| 11 | 0.7010 | 0.802 | 33.74 | 1.247 | 29.637 | 213.32 | 408.58 | 195.26 | 1.0472 | 1.7344 |
| 12 | 0.7220 | 0.804 | 32.76 | 1.244 | 30.522 | 214.54 | 408.88 | 194.34 | 1.0515 | 1.7330 |
| 13 | 0.7436 | 0.806 | 31.82 | 1.240 | 31.427 | 215.76 | 409.18 | 193.42 | 1.0557 | 1.7316 |
| 14 | 0.7656 | 0.809 | 30.91 | 1.236 | 32.355 | 216.98 | 409.48 | 192.50 | 1.0599 | 1.7302 |

(续)

| 温 度 | 压 力 | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸 发 热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|----------|----------------|-------------------------------|-----------|------------|----------|----------------|-----------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v"(L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' [kJ/(kg·K)] | s'' [kJ/(kg·K)] |
| 15 | 0.7882 | 0.811 | 30.03 | 1.233 | 33.304 | 218.21 | 409.77 | 191.56 | 1.0641 | 1.7289 |
| 16 | 0.8112 | 0.814 | 29.17 | 1.229 | 34.276 | 219.44 | 410.06 | 190.62 | 1.0682 | 1.7275 |
| 17 | 0.8346 | 0.816 | 28.35 | 1.225 | 35.271 | 220.66 | 410.34 | 189.68 | 1.0724 | 1.7261 |
| 18 | 0.8586 | 0.819 | 27.56 | 1.221 | 36.290 | 221.88 | 410.61 | 188.73 | 1.0765 | 1.7248 |
| 19 | 0.8831 | 0.821 | 26.79 | 1.218 | 37.333 | 223.11 | 410.88 | 187.77 | 1.0807 | 1.7234 |
| 20 | 0.9081 | 0.824 | 26.04 | 1.214 | 38.401 | 224.34 | 411.15 | 186.81 | 1.0848 | 1.7220 |
| 21 | 0.9337 | 0.827 | 25.32 | 1.210 | 39.493 | 225.56 | 411.40 | 185.84 | 1.0889 | 1.7207 |
| 22 | 0.9597 | 0.829 | 24.62 | 1.206 | 40.612 | 226.80 | 411.66 | 184.86 | 1.0930 | 1.7194 |
| 23 | 0.9863 | 0.832 | 23.95 | 1.202 | 41.756 | 228.03 | 411.91 | 183.88 | 1.0971 | 1.7180 |
| 24 | 1.0135 | 0.835 | 23.29 | 1.198 | 42.928 | 229.26 | 412.15 | 182.89 | 1.1012 | 1.7167 |
| 25 | 1.0411 | 0.837 | 22.66 | 1.194 | 44.127 | 230.50 | 412.39 | 181.89 | 1.1053 | 1.7153 |
| 26 | 1.0694 | 0.840 | 22.05 | 1.190 | 45.354 | 231.74 | 412.62 | 180.88 | 1.1093 | 1.7140 |
| 27 | 1.0982 | 0.843 | 21.45 | 1.186 | 46.610 | 232.97 | 412.84 | 179.87 | 1.1134 | 1.7126 |
| 28 | 1.1275 | 0.846 | 20.88 | 1.182 | 47.896 | 234.21 | 413.06 | 178.85 | 1.1174 | 1.7113 |
| 29 | 1.1575 | 0.849 | 20.32 | 1.178 | 49.212 | 235.45 | 413.28 | 177.83 | 1.1214 | 1.7100 |

(续)

| 温 度 | 压 力 | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸 发 热 | 熵 | |
|-----|--------|-----------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------|---------------------------|----------------------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 |
| | | $t(^{\circ}\text{C})$ | $p(\text{MPa})$ | $v'(\text{L}/\text{kg})$ | $v''(\text{L}/\text{kg})$ | $\rho'(\text{kg}/\text{L})$ | $\rho''(\text{kg}/\text{m}^3)$ | | $h'(\text{kJ}/\text{kg})$ | $h''(\text{kJ}/\text{kg})$ |
| 30 | 1.1880 | 0.852 | 19.78 | 1.174 | 50.558 | 236.70 | 413.49 | 176.79 | 1.1255 | 1.7086 |
| 31 | 1.2191 | 0.855 | 19.25 | 1.170 | 51.937 | 237.94 | 413.69 | 175.75 | 1.1295 | 1.7073 |
| 32 | 1.2508 | 0.858 | 18.74 | 1.166 | 53.348 | 239.18 | 413.88 | 174.70 | 1.1335 | 1.7060 |
| 33 | 1.2831 | 0.861 | 18.25 | 1.161 | 54.792 | 240.43 | 414.07 | 173.64 | 1.1374 | 1.7046 |
| 34 | 1.3160 | 0.864 | 17.77 | 1.157 | 56.271 | 241.68 | 414.25 | 172.57 | 1.1414 | 1.7033 |
| 35 | 1.3496 | 0.867 | 17.31 | 1.153 | 57.784 | 242.93 | 414.43 | 171.50 | 1.1454 | 1.7019 |
| 36 | 1.3837 | 0.871 | 16.85 | 1.149 | 59.333 | 244.18 | 414.59 | 170.41 | 1.1494 | 1.7006 |
| 37 | 1.4185 | 0.874 | 16.42 | 1.144 | 60.920 | 245.43 | 414.75 | 169.32 | 1.1533 | 1.6992 |
| 38 | 1.4540 | 0.877 | 15.99 | 1.140 | 62.544 | 246.69 | 414.91 | 168.22 | 1.1572 | 1.6979 |
| 39 | 1.4901 | 0.881 | 15.57 | 1.136 | 64.208 | 247.95 | 415.05 | 167.10 | 1.1612 | 1.6965 |
| 40 | 1.5269 | 0.884 | 15.17 | 1.131 | 65.911 | 249.21 | 415.19 | 165.98 | 1.1651 | 1.6952 |
| 41 | 1.5643 | 0.888 | 14.78 | 1.127 | 67.656 | 250.48 | 415.32 | 164.84 | 1.1691 | 1.6938 |
| 42 | 1.6024 | 0.891 | 14.40 | 1.122 | 69.443 | 251.74 | 415.44 | 163.70 | 1.1730 | 1.6924 |
| 43 | 1.6412 | 0.895 | 13.03 | 1.117 | 71.274 | 253.02 | 415.56 | 162.54 | 1.1769 | 1.6910 |
| 44 | 1.6807 | 0.899 | 13.67 | 1.113 | 73.150 | 254.29 | 415.66 | 161.37 | 1.1808 | 1.6896 |

(续)

| 温 度 | 压 力 | 比 容 | | 密 度 | | 焓 | | 蒸 发 热 | 熵 | |
|-------|--------|----------|-----------|----------------|-------------------------------|-----------|------------|----------|---------------|----------------|
| | | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(L/kg) | v''(L/kg) | ρ' (kg/L) | ρ'' (kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | r(kJ/kg) | s'(kJ/(kg·K)) | s''(kJ/(kg·K)) |
| 45 | 1.7209 | 0.902 | 13.32 | 1.108 | 75.072 | 255.57 | 415.76 | 160.18 | 1.1847 | 1.6882 |
| 46 | 1.7618 | 0.906 | 12.98 | 1.103 | 77.042 | 256.85 | 415.85 | 159.00 | 1.1886 | 1.6868 |
| 47 | 1.8034 | 0.910 | 12.65 | 1.099 | 79.062 | 258.14 | 415.93 | 157.79 | 1.1925 | 1.6854 |
| 48 | 1.8458 | 0.914 | 12.33 | 1.094 | 81.133 | 259.43 | 416.00 | 156.57 | 1.1964 | 1.6840 |
| 49 | 1.8889 | 0.918 | 12.01 | 1.089 | 83.256 | 260.73 | 416.06 | 155.33 | 1.2004 | 1.6825 |
| 50 | 1.9327 | 0.923 | 11.70 | 1.084 | 85.434 | 262.03 | 416.11 | 154.08 | 1.2043 | 1.6811 |
| 51 | 1.9773 | 0.927 | 11.41 | 1.079 | 87.668 | 263.33 | 416.15 | 152.82 | 1.2081 | 1.6795 |
| 52 | 2.0227 | 0.931 | 11.12 | 1.074 | 89.961 | 264.65 | 416.18 | 151.53 | 1.2121 | 1.6781 |
| 53 | 2.0688 | 0.936 | 10.83 | 1.069 | 92.315 | 265.96 | 416.20 | 150.24 | 1.2160 | 1.6766 |
| 54 | 2.1158 | 0.940 | 10.56 | 1.063 | 94.731 | 267.29 | 416.21 | 148.92 | 1.2199 | 1.6751 |

(三) R502热力性质和压焓图

R502热力性质和压焓图见表6—9和图6—3 (见书后)。

R502热力性质

表6—9

| 温度 | 压力 | 蒸气比容 | 液体密度 | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|-------|----------|-------------------------------------|------------------------|-----------|------------------------|----------|----------------|----------------------------|
| | | | | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(°C) | p(MPa) | v ^v (m ³ /kg) | ρ'(kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h ^v (kJ/kg) | r(kJ/kg) | s' [kJ/(kg·K)] | s ^v [kJ/(kg·K)] |
| -70 | 0.027567 | 0.54045 | 1557.6 | 131.58 | 313.03 | 181.45 | 0.71457 | 1.6077 |
| -68 | 0.031043 | 0.48397 | 1551.6 | 133.22 | 314.05 | 180.83 | 0.72256 | 1.6040 |
| -66 | 0.034870 | 0.43440 | 1545.5 | 134.87 | 315.06 | 180.19 | 0.73056 | 1.6004 |
| -64 | 0.039073 | 0.39078 | 1539.5 | 136.54 | 316.08 | 179.54 | 0.73857 | 1.5970 |
| -62 | 0.043680 | 0.35231 | 1533.4 | 138.23 | 317.10 | 178.87 | 0.74660 | 1.5937 |
| -60 | 0.048718 | 0.31829 | 1527.2 | 139.94 | 318.11 | 178.17 | 0.75464 | 1.5905 |

(续)

| 温度 | 压力 | 蒸气比容 | 液体密度 | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|--------|----------|------------------------|------------------------|-----------|------------------------|----------|-----------------|------------------------------|
| | | | | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(℃) | p(MPa) | v'(m ³ /kg) | ρ'(kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h ^o (kJ/kg) | r(kJ/kg) | s'[(kJ)/(kg·K)] | s ^o [(kJ)/(kg·K)] |
| -58 | 0.054217 | 0.28814 | 1521.1 | 141.67 | 319.12 | 177.45 | 0.76269 | 1.5875 |
| -56 | 0.060205 | 0.26137 | 1514.9 | 143.41 | 320.14 | 176.73 | 0.77075 | 1.5846 |
| -54 | 0.066714 | 0.23753 | 1508.6 | 145.18 | 321.15 | 175.97 | 0.77883 | 1.5818 |
| -52 | 0.073775 | 0.21627 | 1502.4 | 146.97 | 322.16 | 175.19 | 0.78692 | 1.5791 |
| -50 | 0.081422 | 0.19726 | 1496.1 | 148.77 | 323.16 | 174.39 | 0.79502 | 1.5765 |
| -48 | 0.089687 | 0.18024 | 1489.7 | 150.60 | 324.17 | 173.57 | 0.80314 | 1.5741 |
| -46 | 0.098606 | 0.16496 | 1483.4 | 152.44 | 325.17 | 172.73 | 0.81127 | 1.5717 |
| -45.42 | 0.101325 | 0.16082 | 1481.5 | 152.98 | 325.46 | 172.48 | 0.81363 | 1.5710 |
| -44 | 0.10821 | 0.15123 | 1476.9 | 154.30 | 326.17 | 171.87 | 0.81941 | 1.5694 |
| -42 | 0.11854 | 0.13885 | 1470.5 | 156.19 | 327.16 | 170.97 | 0.82756 | 1.5672 |
| -40 | 0.12964 | 0.12769 | 1464.0 | 158.09 | 328.15 | 170.06 | 0.83572 | 1.5651 |
| -38 | 0.14153 | 0.11759 | 1457.4 | 160.01 | 329.13 | 169.12 | 0.84389 | 1.5631 |
| -36 | 0.15426 | 0.10845 | 1450.9 | 161.95 | 330.12 | 168.17 | 0.85207 | 1.5612 |
| -34 | 0.16786 | 0.10016 | 1444.2 | 163.91 | 331.09 | 167.18 | 0.86026 | 1.5593 |

(续)

| 温度 | 压力 | 蒸气比容 | 液体密度 | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|-----|---------|---------|--------|-----------------------|-----------------|--------|------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| | | | | $t(^{\circ}\text{C})$ | $p(\text{MPa})$ | | $v^{\prime}(\text{m}^3/\text{kg})$ | $\rho^{\prime}(\text{kg}/\text{m}^3)$ |
| -32 | 0.18239 | 0.09262 | 1437.5 | 165.89 | 332.06 | 166.17 | 0.86845 | 1.5575 |
| -30 | 0.19785 | 0.08577 | 1430.8 | 167.89 | 333.03 | 165.14 | 0.87666 | 1.5558 |
| -28 | 0.21433 | 0.07952 | 1424.0 | 169.90 | 333.99 | 164.09 | 0.88487 | 1.5542 |
| -26 | 0.23184 | 0.07382 | 1417.2 | 171.94 | 334.94 | 163.00 | 0.89309 | 1.5526 |
| -24 | 0.25043 | 0.06861 | 1410.3 | 173.99 | 335.89 | 161.90 | 0.90131 | 1.5511 |
| -22 | 0.27014 | 0.06384 | 1403.4 | 176.06 | 336.83 | 160.77 | 0.90954 | 1.5497 |
| -20 | 0.29101 | 0.05946 | 1396.4 | 178.15 | 337.76 | 159.61 | 0.91776 | 1.5483 |
| -18 | 0.31308 | 0.05545 | 1389.3 | 180.26 | 338.69 | 158.43 | 0.92600 | 1.5469 |
| -16 | 0.33641 | 0.05176 | 1382.2 | 182.39 | 339.61 | 157.22 | 0.93423 | 1.5456 |
| -14 | 0.36102 | 0.04836 | 1375.0 | 184.53 | 340.52 | 155.99 | 0.94246 | 1.5444 |
| -12 | 0.38697 | 0.04523 | 1367.7 | 186.69 | 341.42 | 154.73 | 0.95069 | 1.5432 |
| -10 | 0.41430 | 0.04234 | 1360.4 | 188.87 | 342.31 | 153.44 | 0.95892 | 1.5420 |
| -8 | 0.44304 | 0.03967 | 1353.0 | 191.06 | 343.20 | 152.14 | 0.96715 | 1.5409 |

(续)

| 温度 | 压力 | 蒸气比容 | 液体密度 | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|-------|---------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|---------------|----------------|
| | | | | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(m³/kg) | ρ'(kg/m³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | r(kJ/kg) | s'(kJ/(kg·K)) | s''(kJ/(kg·K)) |
| -6 | 0.47326 | 0.03721 | 1345.5 | 193.27 | 344.07 | 150.80 | 0.97537 | 1.5399 |
| -4 | 0.50498 | 0.02492 | 1337.9 | 195.50 | 344.94 | 149.44 | 0.98358 | 1.5388 |
| -2 | 0.53826 | 0.03281 | 1330.3 | 197.74 | 345.79 | 148.05 | 0.99180 | 1.5378 |
| 0 | 0.57313 | 0.03084 | 1322.5 | 200.00 | 346.63 | 146.63 | 1.0000 | 1.5368 |
| 2 | 0.60965 | 0.02901 | 1314.7 | 202.27 | 347.47 | 145.20 | 1.0082 | 1.5359 |
| 4 | 0.64786 | 0.02731 | 1306.8 | 204.57 | 348.29 | 143.72 | 1.0164 | 1.5350 |
| 6 | 0.68779 | 0.02573 | 1298.8 | 206.87 | 349.10 | 142.23 | 1.0246 | 1.5341 |
| 8 | 0.72951 | 0.02426 | 1290.7 | 209.19 | 349.89 | 140.70 | 1.0327 | 1.5332 |
| 10 | 0.77305 | 0.02283 | 1282.4 | 211.53 | 350.67 | 139.14 | 1.0409 | 1.5323 |
| 12 | 0.81845 | 0.02160 | 1274.1 | 213.88 | 351.44 | 137.56 | 1.0490 | 1.5315 |
| 14 | 0.86577 | 0.02040 | 1265.6 | 216.24 | 352.20 | 135.96 | 1.0572 | 1.5306 |
| 16 | 0.91505 | 0.01927 | 1257.0 | 218.62 | 352.94 | 134.32 | 1.0653 | 1.5298 |
| 18 | 0.96634 | 0.01822 | 1248.3 | 221.02 | 353.66 | 132.64 | 1.0734 | 1.5290 |

(续)

| 温度 | 压力 | 蒸气比容 | 液体密度 | 焓 | | 蒸发热 | 熵 | |
|-------|--------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|---------------|----------------|
| | | | | 液体 | 蒸气 | | 液体 | 蒸气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(m³/kg) | ρ'(kg/m³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | r(kJ/kg) | s'(kJ/(kg·K)) | s''(kJ/(kg·K)) |
| 20 | 1.0197 | 0.01723 | 1239.4 | 223.42 | 354.86 | 130.94 | 1.0815 | 1.5282 |
| 22 | 1.0751 | 0.01631 | 1230.4 | 225.84 | 355.05 | 129.21 | 1.0896 | 1.5274 |
| 24 | 1.1327 | 0.01544 | 1221.2 | 228.28 | 355.72 | 127.44 | 1.0976 | 1.5265 |
| 26 | 1.1925 | 0.01462 | 1211.9 | 230.73 | 356.38 | 125.65 | 1.1057 | 1.5257 |
| 28 | 1.2545 | 0.01385 | 1202.3 | 233.19 | 357.01 | 123.82 | 1.1137 | 1.5249 |
| 30 | 1.3189 | 0.01312 | 1192.6 | 235.67 | 357.62 | 121.95 | 1.1217 | 1.5240 |
| 32 | 1.3856 | 0.01244 | 1182.7 | 238.16 | 358.20 | 120.04 | 1.1297 | 1.5231 |
| 34 | 1.4547 | 0.01179 | 1172.6 | 240.66 | 358.76 | 118.10 | 1.1377 | 1.5222 |
| 36 | 1.5262 | 0.01118 | 1162.2 | 243.18 | 359.30 | 116.12 | 1.1457 | 1.5213 |
| 38 | 1.6003 | 0.01060 | 1151.6 | 245.72 | 359.81 | 114.09 | 1.1537 | 1.5204 |
| 40 | 1.6770 | 0.01005 | 1140.7 | 248.27 | 360.28 | 112.01 | 1.1617 | 1.5194 |
| 42 | 1.7563 | 0.009533 | 1129.6 | 250.84 | 360.73 | 109.89 | 1.1696 | 1.5183 |
| 44 | 1.8383 | 0.009040 | 1118.1 | 253.43 | 361.14 | 107.71 | 1.1776 | 1.5172 |
| 46 | 1.9231 | 0.008572 | 1106.3 | 256.04 | 361.51 | 105.47 | 1.1855 | 1.5160 |

(续)

| 温 度 | 压 力 | 蒸气比容 | 液体密度 | 焓 | | 蒸 发 热 | 熵 | |
|-------|--------|------------------------|------------------------|-----------|------------|----------|---------------|----------------|
| | | | | 液 体 | 蒸 气 | | 液 体 | 蒸 气 |
| t(°C) | p(MPa) | v'(m ³ /kg) | ρ'(kg/m ³) | h'(kJ/kg) | h''(kJ/kg) | r(kJ/kg) | s'〔kJ/(kg·K)〕 | s''〔kJ/(kg·K)〕 |
| 48 | 2.0107 | 0.008127 | 1094.1 | 258.66 | 361.85 | 103.19 | 1.1935 | 1.5148 |
| 50 | 2.1013 | 0.007702 | 1081.5 | 261.32 | 362.13 | 100.81 | 1.2015 | 1.5134 |
| 52 | 2.1949 | 0.007297 | 1068.4 | 263.99 | 362.37 | 98.38 | 1.2094 | 1.5120 |
| 54 | 2.2916 | 0.006910 | 1054.9 | 266.70 | 362.55 | 95.85 | 1.2175 | 1.5105 |
| 56 | 2.3915 | 0.006540 | 1040.8 | 269.44 | 362.67 | 93.23 | 1.2255 | 1.5088 |
| 58 | 2.4947 | 0.006184 | 1026.0 | 272.22 | 362.72 | 90.50 | 1.2336 | 1.5069 |
| 60 | 2.6014 | 0.005842 | 1010.5 | 275.05 | 362.70 | 87.65 | 1.2418 | 1.5049 |
| 65 | 2.8840 | 0.005038 | 967.76 | 282.38 | 362.19 | 79.81 | 1.2628 | 1.4988 |
| 70 | 3.1917 | 0.004286 | 916.85 | 290.31 | 360.80 | 70.49 | 1.2851 | 1.4905 |
| 75 | 3.5284 | 0.003547 | 851.18 | 299.48 | 357.79 | 58.31 | 1.3105 | 1.4780 |
| 80 | 3.9004 | 0.002706 | 745.12 | 312.52 | 350.37 | 37.85 | 1.3461 | 1.4533 |
| 82.2 | 4.075 | 0.00178 | 561. | 332.0 | 332.0 | 0.00 | 1.399 | 1.399 |

四、几个参数的确定

1. 蒸发温度

同氨制冷系统。

2. 冷凝温度

卧式和组合式冷凝器的冷凝温度一般比冷却水进出口平均温度高 7°C ；风冷式冷凝器的冷凝温度一般比进风温度高 $10-15^{\circ}\text{C}$ ；蒸发式冷凝器的冷凝温度一般比夏季室外平均每年不保证 50h 的湿球温度高 $10-15^{\circ}\text{C}$ 。

3. 蒸发器出口气体温度

采用热力膨胀阀供液的蒸发器，蒸发器出口气体温度比蒸发温度高 $3-8^{\circ}\text{C}$ 。

4. 压缩机吸气温度

单级压缩机的吸气温度不应超过 15°C ；双级压缩机低压级吸气温度可采用比蒸发温度高 $30-40^{\circ}\text{C}$ ，高压级吸气温度不超过 15°C 。

五、氟压缩机制冷量和功率计算

氟压缩机的制冷量和轴功率，应根据制造厂提供的该型号压缩机的性能曲线来选用，压缩机功率可按制造厂所配电动机功率选用。如无上列资料时，可按下列公式进行计算。

(一) 采用回热循环时，氟单级活塞式压缩机制冷量和功率计算

1. 单级压缩制冷循环
压焓图见图
6-4。

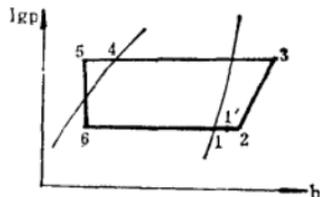


图6-4 氟单级制冷循环压焓图

2. 压缩机理论排气量

$$V_p = \frac{\pi D^2}{4} \times S \times n \times Z \times 60 \quad (6-1)$$

式中： V_p ——压缩机理论排气量 (m^3/h)。

D ——气缸直径 (m)。

S ——活塞行程 (m)。

n ——压缩机转速 (r/min)。

Z ——气缸数 (个)。

3. 压缩机输气系数 λ 可按图6—5和图6—6选用。

4. 压缩机制冷量

$$Q_c = V_p \lambda q_z / 3.6 \quad (6-2)$$

式中： Q_c ——压缩机制冷量 (W)。

q_z ——氟单位容积制冷量 (kJ/m^3)。

$$q_z = (h'_1 - h_5) / v_1 \quad (\text{kJ}/\text{m}^3)$$

h'_1 ——蒸发器出口过热气体的比焓

(kJ/kg)。

h_5 ——进蒸发器液体的比焓 (kJ/kg)

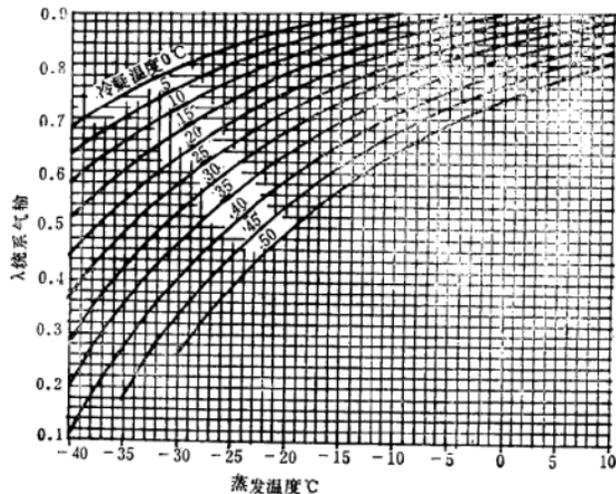


图6—5 R12制冷压缩机输气系数

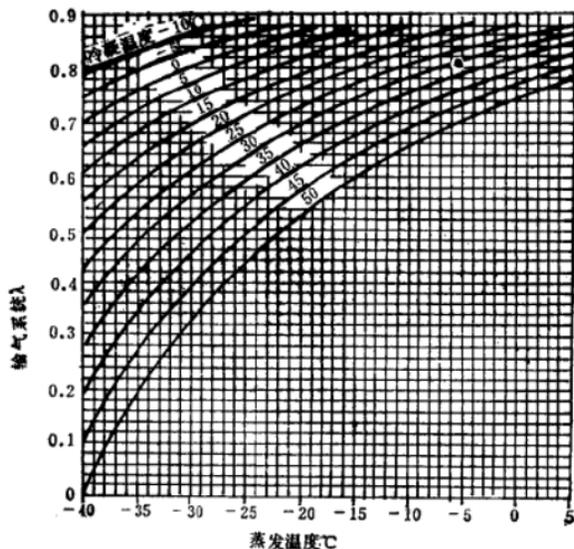


图 6—6 R22制冷压缩机输气系数

v_2 ——压缩机吸入口过热气体的比容
(m^3/kg)。

R12、R22单位容积冷量见表 6—10和表 6—11。

5. 压缩机轴功率

(1) 开启式压缩机的轴功率：

① 理论功率：

$$p_s = G (h_3 - h_2) / (3.6 \times 10^3 \eta_s) \quad (6-3)$$

$$G = \frac{V_p \lambda}{V_2}$$

$$\eta_s = \frac{T_z}{T_l} + b t_z = \frac{273 + t_z}{273 + t_l} + b t_z \quad (6-4)$$

式中： p_s ——理论功率(kW)。

G ——通过压缩机的氟循环量(kg/h)。

η_s ——指示效率，无因次。

b ——系数，氟立式压缩机可取0.0025。

h_3 ——压缩机排出口气体的比焓(kJ/kg)。

R12单位容积冷量(kJ/m³)

表6—10

| 蒸发 温度 (℃) | 节流阀前液体的温度(℃) | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | -15 | -10 | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| -40 | 611.3 | 592.8 | 574.0 | 555.1 | 535.9 | 516.2 | 496.5 | 476.4 | 455.9 | 435.4 | 414.9 | — | — | — |
| -35 | 768.7 | 746.1 | 722.6 | 699.2 | 675.3 | 651.0 | 626.7 | 601.6 | 576.9 | 551.4 | 525.4 | — | — | — |
| -30 | 955.8 | 927.8 | 899.3 | 870.4 | 841.5 | 811.8 | 781.7 | 751.5 | 720.9 | 689.5 | 658.1 | 626.3 | — | — |
| -27.5 | 1060.5 | 1029.5 | 998.5 | 966.7 | 934.9 | 903.1 | 870.0 | 836.5 | 802.6 | 768.3 | 733.1 | 697.9 | — | — |
| -25 | 1176.9 | 1143.0 | 1108.6 | 1073.5 | 1038.3 | 1002.3 | 965.9 | 929.0 | 892.2 | 854.5 | 816.4 | 748.2 | 738.1 | — |
| -22.5 | 1302.5 | 1264.8 | 1227.5 | 1189.0 | 1150.5 | 1109.9 | 1070.1 | 1029.5 | 988.9 | 947.5 | 906.4 | 864.1 | 820.6 | — |
| -20 | 1436.9 | 1395.9 | 1354.8 | 1313.0 | 1270.3 | 1227.1 | 1183.6 | 1139.2 | 1094.4 | 1049.2 | 1003.6 | 956.7 | 909.8 | 862.5 |
| -15 | — | 1843.8 | 1644.1 | 1593.9 | 1543.2 | 1492.2 | 1439.8 | 1386.7 | 1333.5 | 1279.5 | 1224.2 | 1168.9 | 1112.4 | 1055.9 |
| -10 | — | — | 1982.4 | 1923.0 | 1862.7 | 1801.1 | 1738.8 | 1676.4 | 1613.2 | 1548.7 | 1484.2 | 1418.5 | 1351.5 | 1284.5 |
| -5 | — | — | — | — | 2226.5 | 2156.2 | 2082.9 | 2009.2 | 1934.7 | 1858.9 | 1781.5 | 1703.6 | 1624.9 | 1546.2 |
| 0 | — | — | — | — | 2648.5 | 2565.7 | 2480.2 | 2393.6 | 2306.5 | 2217.7 | 2127.3 | 1961.1 | 1944.3 | 1851.8 |
| 5 | — | — | — | — | — | 3037.5 | 2937.4 | 2837.0 | 2735.2 | 2631.8 | 2529.2 | 2423.3 | 2315.7 | 2208.1 |
| 10 | — | — | — | — | — | — | 3452.0 | 3335.2 | 3218.0 | 3098.2 | 2980.6 | 2857.9 | 2733.5 | 2608.8 |

R22单位容积冷量 (kJ/m³)

表 6—11

| 蒸发温度 (℃) | 节流阀前液体的温度 (℃) | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | -15 | -10 | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| -40 | 1004.8 | 979.7 | 950.4 | 925.3 | 891.0 | 858.0 | 830.0 | 795.5 | 762.0 | 728.5 | 695.0 | 651.5 |
| -35 | 1264.4 | 1230.9 | 1193.2 | 1159.7 | 1122.0 | 1084.4 | 1042.5 | 1004.3 | 962.9 | 921.1 | 879.2 | 833.2 |
| -30 | 1561.7 | 1519.8 | 1477.9 | 1436.1 | 1385.8 | 1339.8 | 1293.7 | 1243.5 | 1193.2 | 1143.0 | 1088.5 | 1038.3 |
| -25 | 1906.8 | 1850.5 | 1800.3 | 1750.1 | 1695.6 | 1637.0 | 1578.4 | 1519.8 | 1457.0 | 1398.4 | 1335.5 | 1272.8 |
| -20 | 2319.5 | 2256.7 | 2198.1 | 2135.3 | 2063.3 | 1997.1 | 1930.1 | 1858.9 | 1783.6 | 1703.2 | 1632.8 | 1557.5 |
| -15 | — | 2721.4 | 2650.2 | 2574.9 | 2495.3 | 2415.8 | 2327.8 | 2244.1 | 2156.2 | 2068.3 | 1980.3 | 1880.2 |
| -10 | — | — | 3190.3 | 3102.4 | 3006.1 | 2909.8 | 2809.3 | 2708.8 | 2600.0 | 2495.3 | 2390.0 | 2286.0 |
| -5 | — | — | — | 3696.9 | 3583.9 | 3470.8 | 3352.6 | 3236.4 | 3106.6 | 2985.2 | 2859.5 | 2734.0 |
| 0 | — | — | — | — | 4262.1 | 4128.2 | 3990.0 | 3847.7 | 3701.1 | 3554.6 | 3408.0 | 3257.3 |
| 5 | — | — | — | — | — | 4873.4 | 4710.1 | 4546.8 | 4375.2 | 4203.5 | 4031.9 | 3860.2 |

h_2 ——压缩机吸入口气体的比焓 (kJ/kg)

V_p ——压缩机理论排气量 (m³/h)。

λ ——压缩机输气系数。

V_2 ——压缩机吸入口气体的比容 (m³/kg)。

T_1 ——冷凝温度 (K)。

T_2 ——蒸发温度 (K)。

t_1 ——冷凝温度 (℃)。

t_2 ——蒸发温度 (℃)。

R12、R22开启式压缩机的指示效率 η_s 值见图6—7。

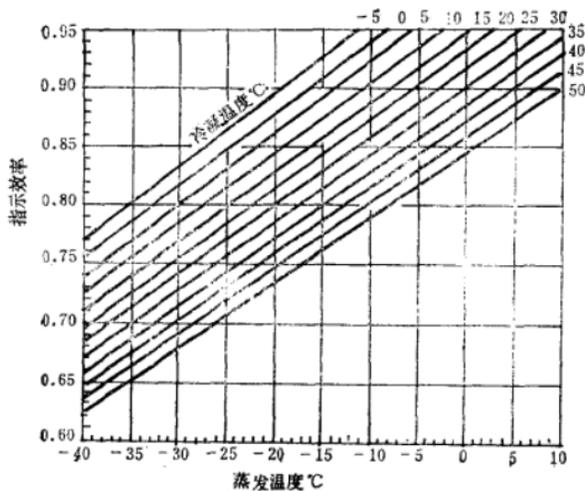


图 6-7 氟制冷压缩机指示效率

②摩擦功率:

$$P_m = p_m V_p / (3.6 \times 10^3) \quad (6-5)$$

式中: P_m ——摩擦功率 (kW)。

p_m ——摩擦压力 (kPa)。氟压缩机可取 30—50 kPa。

③ P_z ——压缩机轴功率:

$$P_z = (P_s + P_m) / \eta_q = P_y / \eta_q \quad (6-6)$$

式中: P_z ——压缩机轴功率 (kW)。

P_y ——有效功率 (kW)。

η_q ——驱动效率, 直接驱动取 1, 三角皮带驱动取 0.97—0.98。

P_s ——压缩机理论功率 (kW)。

P_m ——摩擦功率 (kW)。

④压缩机电动机功率 P :

$$P = (1.10-1.15) P_z \quad (6-7)$$

式中: 1.10—1.15 为选择电动机率时的附加系数。

P ——电动机功率 (kW)。

P_z ——压缩机轴功率 (kW)。

(2) 半封密式和全封闭式压缩机的功率：由于半封密式和全封闭式压缩机，被吸入的氟气体都是先经过电动机，而后进入压缩机的吸气腔中。这样，被吸入的气体过热度增加了，气体比容也增大，对压缩机的制冷量和功率都有影响。因此，目前只能按制造厂提供的性能曲线来选择。

6. 氟单级制冷压缩机的性能曲线见图6—8、6—9、6—10、6—11、6—12、6—13和表6—12。

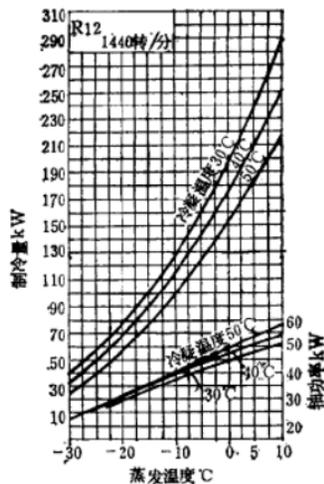


图 6—8 8 FS10 氟压缩机性能曲线

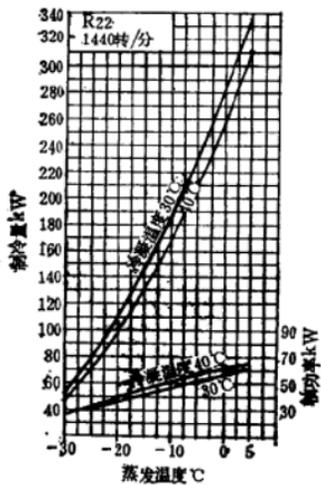


图 6—9 4FS5B氟压缩机性能曲线

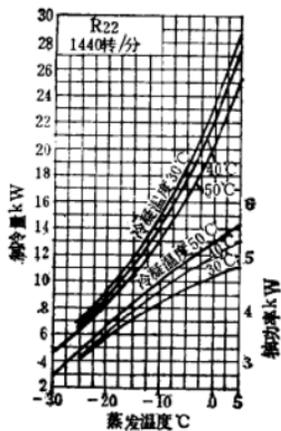
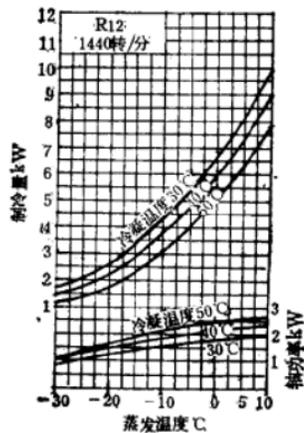


图 6—10 2FV5B氟压缩机性能曲线



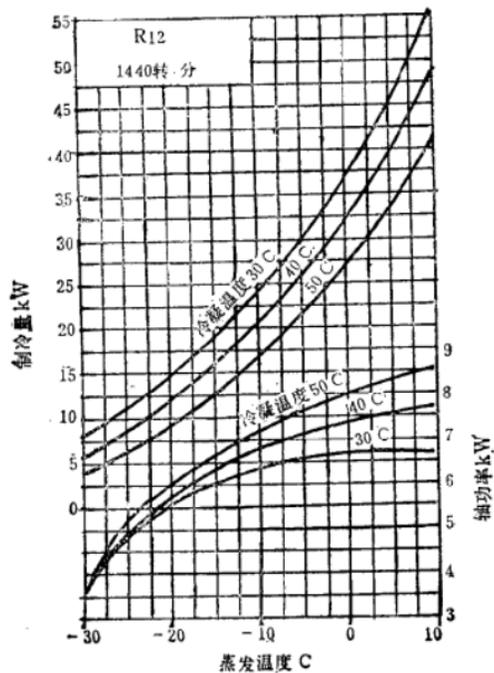


图 6-11 4FV7 氟压
缩机性能曲线

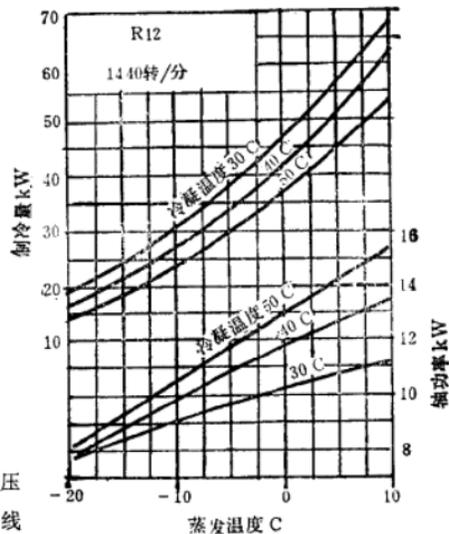


图 6-12 2F10 氟压缩机性能曲线

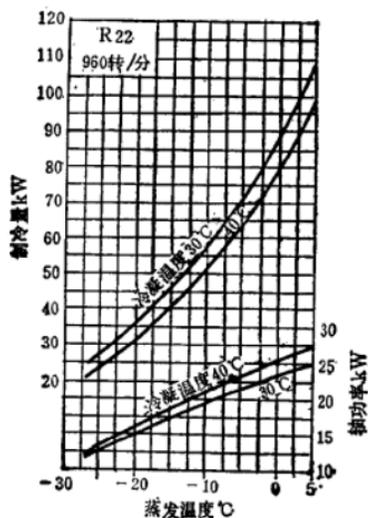
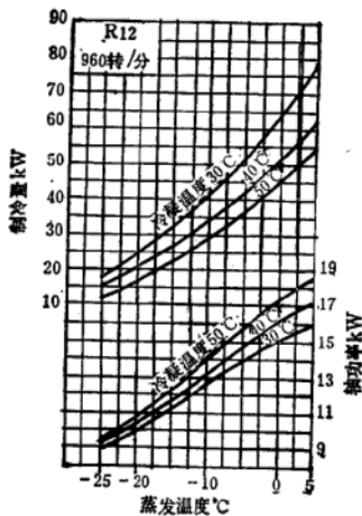


图 6-13 4F10压缩机性能曲线

S系列半封闭氟压缩机性能曲线见图6—14。

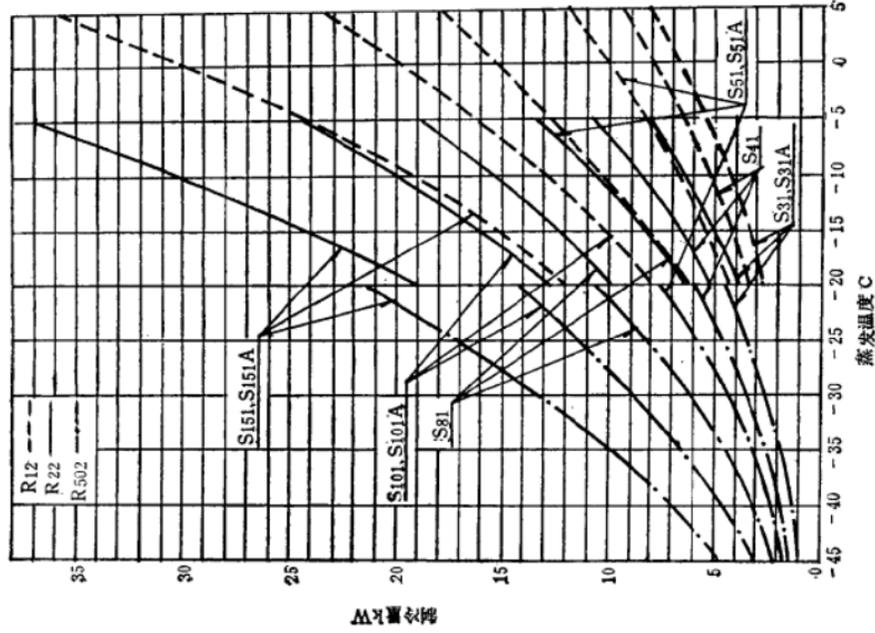


图6—14 S系列半封闭氟压缩机性能曲线

R22螺杆式压缩机制冷量和轴功率

表 6-12

| 型 号 | 冷凝温度 (℃) | 蒸 发 温 度(℃) | | | | | | | | | | 备 注 |
|--------|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| | | 5 | 0 | -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 | |
| KF12.5 | 30 | 284.9 | 234.9 | 194.2 | 162.8 | 132.5 | 109.3 | 88.4 | 68.6 | 52.5 | 42.4 | 制冷量 kW |
| | | 46.7 | 45.2 | 42.0 | 41.4 | 40.5 | 39.3 | 37.7 | 36.5 | 35.2 | 34.0 | 轴功率 kW |
| | 35 | 262.8 | 220.9 | 184.9 | 153.5 | 126.7 | 102.3 | 82.5 | 63.4 | 49.1 | 38.8 | 制冷量 kW |
| | | 50.8 | 48.6 | 47.5 | 46.0 | 44.5 | 42.0 | 40.0 | 38.5 | 37.0 | 35.0 | 轴功率 kW |
| | 40 | 250.0 | 206.9 | 173.2 | 143.0 | 120.9 | 96.3 | 76.7 | 59.3 | 45.3 | 36.0 | 制冷量 kW |
| | | 54.0 | 53.0 | 51.0 | 49.0 | 48.0 | 46.0 | 44.0 | 42.5 | 41.0 | 39.0 | 轴功率 kW |
| KF16 | 30 | 593.0 | 488.3 | 409.3 | 337.2 | 281.4 | 225.6 | 182.5 | 141.8 | 110.4 | 89.5 | 制冷量 kW |
| | | 94 | 93 | 88 | 83 | 80 | 77 | 74 | 72 | 70 | 67 | 轴功率 kW |
| | 35 | 569.7 | 465.1 | 389.5 | 322.1 | 263.9 | 215.1 | 173.2 | 133.7 | 101.1 | 83.7 | 制冷量 kW |
| | | 104 | 103 | 99 | 95 | 90 | 86 | 83 | 80 | 76 | 73 | 轴功率 kW |
| | 40 | 546.5 | 441.8 | 366.3 | 304.6 | 250.0 | 200.0 | 162.8 | 124.4 | 93.0 | 77.9 | 制冷量 kW |
| | | 112 | 111 | 107 | 103 | 99 | 94 | 92 | 88 | 83 | 82 | 轴功率 kW |

(续)

| 型 号 | 冷 凝 温 度 (°C) | 蒸 发 温 度(°C) | | | | | | | | | | 备 注 |
|------|-----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | 5 | 0 | -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 | |
| KF20 | 30 | 1186.0 | 976.7 | 819.7 | 674.4 | 562.8 | 451.1 | 366.3 | 284.9 | 220.9 | 180.2 | 制冷量 kW |
| | | 188 | 186 | 176 | 165 | 160 | 154 | 148 | 144 | 139 | 134 | 轴功率 kW |
| | 35 | 1139.5 | 930.2 | 779.1 | 645.3 | 529.1 | 430.2 | 346.5 | 267.4 | 203.5 | 167.4 | 制冷量 kW |
| | | 208 | 205 | 198 | 190 | 180 | 172 | 166 | 160 | 152 | 146 | 轴功率 kW |
| | 40 | 1093.0 | 883.7 | 732.5 | 610.5 | 500.0 | 401.1 | 325.6 | 250.0 | 186.0 | 155.8 | 制冷量 kW |
| | | 224 | 221 | 214 | 206 | 197 | 188 | 183 | 176 | 166 | 163 | 轴功率 kW |

(二) 氟双级压缩机制冷量和功率计算

氟利昂双级制冷系统可采用中间完全冷却和中间不完全冷却两种形式。中间完全冷却的双级制冷系统，压缩机制冷量和功率的计算可参照氨双级压缩机的计算进行。中间不完全冷却的双级制冷系

统，压缩机制冷量和功率可按下列式计算。

1. 中间不完全冷却双级制冷循环压焓图，见图6—15。

2. 中间压力的计算

实际的中间压力，根据选定的蒸发温度、冷凝温度和双级压缩机高、低压气缸容积比采用图解法进行计算。其步骤如下：

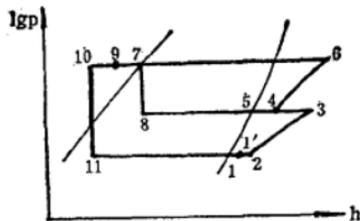


图 6-15 中间不完全冷却氟双级制冷循环压焓图

(1) 任意选定 4—6 个中间温度，当蒸发温度 $-30 \sim -45^\circ\text{C}$ ，双级压缩机高、低压气缸容积比 1 : 3 时，中间温度可在 $5 \sim -10^\circ\text{C}$ 内选用。两个中间温度之间的间隔采用 $2 \sim 3^\circ\text{C}$ 为宜。

(2) 根据各个假定的中间温度和热平衡原理，求出相应的高、低压级制冷剂流量比 a_1 。

$$a_1 = G_g / G_d = (h_3 - h_9) / (h_4 - h_7) \quad (6-8)$$

式中： G_g 、 G_d ——高、低压级制冷剂流量

(kg/h)。

h_3 、 h_4 、 h_9 、 h_7 ——制冷剂比焓(kJ/kg)。

(3) 根据各个假定的中间温度，查出相应的高、低压级压缩机的输气系数 λ_g 、 λ_d 值。 λ_g 、 λ_d 查图 6-5 或图 6-6。

(4) 根据查出的各 λ_g 、 λ_d 值，求出通过高、低压级压缩机的制冷剂流量比 a_2 。

$$a_2 = G_g / G_d = V_{gp} \lambda_g v_4 / V_{dp} \lambda_d v_2 \quad (6-9)$$

式中： V_{gp} ——高压级压缩机（或气缸）理论排气量 (m^3/h)。

V_{dp} ——低压级压缩机（或气缸）理论排气量 (m^3/h)。

λ_g ——高压级压缩机（或气缸）输气系数。

λ_d ——低压级压缩机（或气缸）输气系数。

v_4 ——高压级压缩机（或气缸）吸气比容 (m^3/kg)。

v_2 ——低压级压缩机（或气缸）吸气比

容 (m^3/kg)。

(5) 根据上述计算结果作中间温度与 a 值的直角坐标图见图6—16。把各假设的中间温度求得的 a_1 和 a_2 值连成 a_1 和 a_2 的两条曲线。两曲线的交点对应的中间温度即为所求的中间温度。

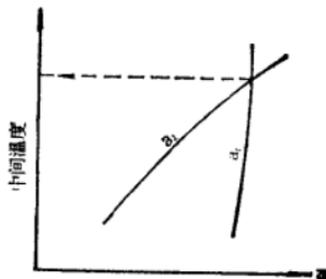


图6—16 直角坐标图

例：某冷库，蒸发温度 -35°C ，冷凝温度 40°C ，采用双级压缩，制冷剂为R22，双级压缩机高、低压气缸容积比为 $1:3$ ，求中间温度？

解：根据已知条件，按上述步骤进行计算。

1. 假定4个中间温度，分别为 3°C 、 0°C 、 -3°C 、 -6°C 。查R22饱和性质表，相应的压力为 0.5483 、 0.4980 、 0.4512 、 0.4078MPa 。

2. 利用饱和性质表和压—焓图查出 h_3 、 h_4 、 h_7 、 h_8 各焓值，由公式(6—8)求出各 a_1 值。

3. 利用图6—5或图6—6查出相应的各 λ_g 、 λ_d 值。

4. 利用压—焓图查出 v_2 、 v_4 ，由公式(6—9)求出 a_2 值。

5. 作直角坐标，连接 a_1 、 a_2 线，两线交点即为所求之值见图6—17。

计算结果载于表6—13。

从图上得出中间温度为 2.3°C 。相应的中间压力为 0.5363MPa 。

计算结果

表 6-13

| 序号 | 参 数 | 数 值 | | | | 备 注 | 序号 | 参 数 | 数 值 | | | | 备 注 |
|----|----------------|--------|--------|--------|--------|----------------------------|----|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1 | t_{zi} (°C) | 3 | 0 | -3 | -6 | | 11 | T_{zi} (K) | 276 | 273 | 270 | 267 | |
| 2 | p_{zi} (MPa) | 0.5483 | 0.4980 | 0.4512 | 0.4078 | | 12 | T_z (K) | 338 | 338 | 338 | 338 | |
| 3 | t_2 (°C) | -5 | -5 | -5 | -5 | $t_z + 30^\circ\text{C}$ | 13 | V_2 (m ³ /kg) | 0.192 | 0.192 | 0.192 | 0.192 | |
| 5 | t_9 (°C) | 8 | 5 | 2 | -1 | $t_{zj} + 5^\circ\text{C}$ | 14 | V_4 (m ³ /kg) | 0.045 | 0.050 | 0.057 | 0.062 | |
| 6 | h_3 (kJ/kg) | 449 | 446 | 442 | 439 | | 15 | a_1 | 1.470 | 1.465 | 1.454 | 1.448 | |
| 7 | h_4 (kJ/kg) | 412 | 413 | 414 | 415 | | 16 | λ_g | 0.82 | 0.8 | 0.78 | 0.76 | |
| 8 | h_7 (kJ/kg) | 249.21 | 249.21 | 249.21 | 249.21 | | 17 | λ_d | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 | |
| 9 | h_9 (kJ/kg) | 209.67 | 206.03 | 202.41 | 198.79 | | 18 | a_2 | 1.493 | 1.346 | 1.18 | 1.087 | |
| 4 | t_4 (°C) | 10 | 10 | 10 | 10 | 按压缩机要求 选 | 19 | V_2/V_4 | 4.27 | 3.84 | 3.37 | 3.09 | |
| 10 | T_1 (K) | 313 | 313 | 313 | 313 | | | | | | | | |

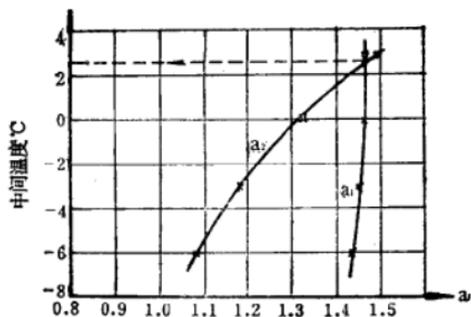


图 6-17 直角坐标图

六、冷凝器

(一) 冷凝器面积计算

$$A_L = Q_L / q_A = \xi_L Q_C / q_A \quad (6-10)$$

式中： A_L ——冷凝器面积 (m^2)。

Q_L ——冷凝器热负荷 (W)。

q_A ——冷凝器单位面积热负荷。见表 6-14 (W/m^2)。

ξ_L ——冷凝器负荷系数，无因次，见图 6-18。

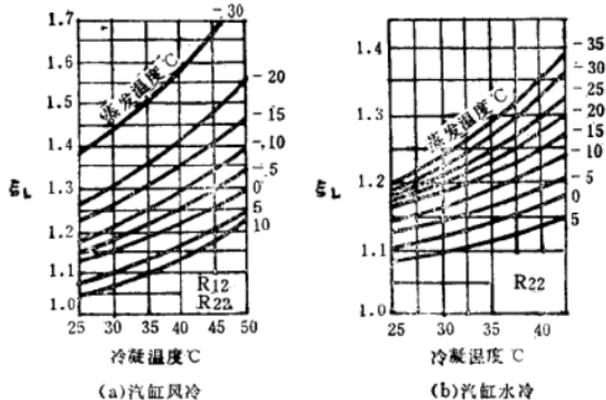


图 6-18 冷凝器负荷系数

各类型冷凝器单位面积热负荷 q_A 值 表 6-14

| 序号 | 冷凝器型式 | q_A 值 W/m^2 | | 应用范围 |
|----|--------|-----------------|------|-----------------------------|
| | | R12 | R22 | |
| 1 | 卧式冷凝器 | 4400 | 4600 | $\Delta t_m = 5^\circ C$ |
| 2 | 蒸发式冷凝器 | 2300 | 2300 | |
| 3 | 空冷式冷凝器 | 230 | — | $\Delta t_m = 8-12^\circ C$ |

(二) 冷却水用量

$$q_v = 3.6Q_L / (1000C\Delta t) \quad (6-11)$$

式中： q_v ——冷却水用量 (m^3/h)。

Q_L ——冷凝器热负荷 (W)。

C ——水的比热容 $C = 4.1868 kJ/(kg \cdot ^\circ C)$

Δt ——冷却水进出温差 ($^\circ C$)。

3.6——瓦换算成千焦耳/时。

冷却水水质要求同氨系统，见表 4-16、表 4-17。

(三) 空冷式冷凝器风量计算

$$q_v = 3600Aw \quad (6-12)$$

式中： q_v ——空冷式冷凝器所需风量 (m^3/h)。

A ——空冷式冷凝器最窄通道截面积 (m^2)。

w ——空气流速 (m/s)，一般采用 2—3 m/s 。

空冷式冷凝器风量也可按压缩机所耗功率计算，每千瓦功率配 18—26 m^3/min 。

七、蒸发器

蒸发器面积计算

$$A = Q / (K\Delta t_m) = Q / q_A \quad (6-13)$$

式中： A ——蒸发器面积 (m^2)。

Q ——蒸发器冷负荷 (W)。

K ——蒸发器传热系数 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)。

Δt_m ——制冷剂和载冷剂之间的对数平均温差 ($^\circ C$)。

q_A ——蒸发器单位面积冷负荷 (W/m^2)，见表6—15。

各种类型蒸发器的 q_A 值 表6—15

| 蒸发器类型 | 单位冷负荷 (W/m^2) | 推荐的 q_A 值 (W/m^2) | 应用范围 | | Δt_m ($^\circ C$) |
|-------|----------------------|----------------------------|----------|-------|--------------------------------|
| | | | 水速 (m/s) | | |
| | | | 水 | 盐水 | |
| 壳管满液式 | 2300—2900 | 2300 | 1—2 | 1—1.5 | 4—6 |
| 壳管干式 | 4000 | — | — | — | ≥ 7 |

八、其他辅助设备

(一) 贮液器容积计算

一般带卧式冷凝器的小型氟利昂机组，在冷凝器下部留有一定的容积作贮存氟利昂液体之用，允

许的存氟量见表6—16。

几种氟制冷机组的存氟量 表6—16

| 制冷机组 | 2F6.3 | 2F10 | 4F10 | 3 ^{FW} 5B | 6 ^{FW} 10 | 8FS10 | 1/3 F10 | 2/6F 10 |
|----------|----------|-------|------|-----------------------|-----------------------|-------|------------|------------|
| 存氟量 (kg) | R12 6 | 40—50 | 80 | 3.5 | 130 | 170 | — | — |
| | R22 — | — | 60 | 3.5 | — | — | 50 | 120 |

如冷藏间采用冷风机，供液采用热力膨胀阀，可不另设贮液器。如冷藏间采用排管或采用蒸发式冷凝器和空冷式冷凝器时，应设贮液器。其容积计算如下：

$$V_{zF} = \varphi G v / 0.7 \quad (6-14)$$

式中： V_{zF} ——贮液器容积 (m^3)。

G ——系统内制冷剂充注量 (kg)。

v ——制冷剂液体的比容，一般取25 $^\circ C$

时的比容 (m^3/kg)。

φ ——贮液器的容量系数。小型冷库可取1。

0.7——安全系数。

氟制冷设备及管道充氟量百分数 表 6—17

| 序号 | 设备或管道 | 充注量% |
|----|-----------------|-------------|
| 1 | 冷风机、排管(热力膨胀阀供液) | 容积的25% |
| 2 | 壳管式冷凝器 | 容积的15% |
| 3 | 中间冷却器(不完全冷却) | 液体盘管容积的100% |
| 4 | 热交换器 | 液体盘管容积的100% |
| 5 | 液管 | 容积的100% |
| 6 | 回气管(过热气体) | 容积的15% |

(二) 油分离器

油分离器一般由机组配带, 不需另选。如需要选择时, 通常一台氟压缩机选用一台油分离器, 计算公式如下:

$$D = 0.0188 \sqrt{V_h \lambda / w} \quad (6-15)$$

式中: D ——油分离器直径(m)。

V_h ——压缩机理论排气量(m³/h)。

λ ——压缩机输气系数。

w ——气体流速(m/s), 填料式油分离器宜采用0.3—0.5m/s。

(三) 回热式热交换器

在氟系统的吸入管道上, 常用的回热式热交换器有三种。

1. 供液管和吸入管焊接在一起的热交换器, 见图 6—19, 常用于小型的氟制冷系统。



图 6—19 氟管热交换器

2. 套管式热交换器 套管式热交换器见图 6—20, 其长度一般按经验数据选用, 见表 6—18。

套管式换热器的推荐长度 表 6—18

| 制冷量 (w) | 长度A (m) |
|---------|---------|
| 170000 | 2.5 |
| 350000 | 3.7 |
| 520000 | 4.6 |

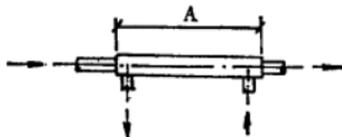


图 6—20 套管式换热器

3. 盘管式热交换器 它是常用的一种形式, 其面积计算如下:

$$A = Q / (K \Delta t_m) \quad (6-16)$$

式中: A ——热交换器面积 (m^2)。

Q ——热交换器热负荷 (W)。

K ——热交换器传热系数 [$W / (m^2 \cdot ^\circ C)$]。

Δt_m ——对数平均温差 ($^\circ C$)。

(1) 热交换器的热负荷: 当蒸发器出来的气体为过热气体时 (采用热力膨胀阀供液时应是过热气体), 则热负荷的计算如下:

$$Q = G (h_1 - h_2) / 3.6 = G (h_2' - h_1') / 3.6 \quad (6-17)$$

式中: Q ——热交换热负荷 (W)。

G ——压缩机制冷剂循环量 (kg/h), 双级压缩机为低压级制冷剂循环量。

h_1 ——进入热交换器液体制冷剂的比焓 (kJ/kg)。

h_2 ——出热交换器液体制冷剂的比焓 (kJ/kg)。

h_1' ——进入热交换器气体制冷剂的比焓 (kJ/kg)。

h_2' ——出热交换器气体制冷剂的比焓

(kJ/kg)。

(2) 传热系数K: 当液体在盘管内流速为0.8—1 m/s, 气体流速为8—10 m/s时, 光滑盘管的传热系数为230—290 W/m²·℃。

(四) 中间冷却器

1. 中间冷却器面积计算(不完全冷却时)

$$A = Q_{zj} / (K \Delta t_m) \quad (6-18)$$

式中: A——中间冷却器盘管面积(m²)。

Q_{zj} ——中间冷却器热负荷(W)。

K——盘管传热系数, 同回热式热交换器(W/m²·℃)。

Δt_m ——对数平均温差(℃)。

中间冷却器热负荷计算:

$$Q_{zj} = G_d (h_7 - h_8) / 3.6 \quad (6-19)$$

式中: Q_{zj} ——中间冷却器热负荷(W)。

G_d ——低压级压缩机制冷剂循环量(kg/

h)。

h_7 ——进入中间冷却器盘管的液体制冷剂的比焓(kJ/kg)。

h_8 ——出中间冷却器盘管液体制冷剂的比焓(kJ/kg)。

2. 中间冷却器直径计算(完全冷却时)

$$D = 0.0188 \sqrt{V_h \lambda / w} \quad (6-20)$$

式中: D——中间冷却器直径(m)。

V_h ——高压级压缩机的理论吸气量(m³/h)。

λ ——高压级压缩机的输气系数。

w——气体流速(m/s), 一般可取0.5 m/s。

(五) 热力膨胀阀的选择

热力膨胀阀有RF系列、RFW系列、拼装式T系列、HC系列和RCD系列等几种, 样本上的制冷量是在标准工况或空调工况下的制冷能力, 选用时

要换算成设计工况的制冷能力后再选用。上述系列的热力膨胀阀的制冷量见表6—19、6—20、6—

21、6—22、6—23。

在实际计算中，由于工况的变化，热力膨胀阀

RF系列热力膨胀阀（内平衡）性能表

表6—19

| 型 号 | | RF0.8 | RF 1 | RF1.2 | RF1.5 | RF 2 | RF 3 | RF 4 | RF 5 |
|----------|-----|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 口径 (mm) | | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 标准制冷量 kW | R12 | 1.16 | 1.39 | 1.74 | 2.21 | 2.90 | 5.81 | 10.46 | 13.14 |
| | R22 | 1.86 | 2.32 | 2.90 | 3.60 | 4.76 | 10.00 | 17.44 | 21.51 |

注：R12适用温度范围10°—30℃。

R22适用温度范围10°—70℃。

RFW系列热力膨胀阀（外平衡）性能表

表6—20

| 型 号 | | RFW0.8 | RFW 1 | RFW1.2 | RFW1.5 | RFW 2 | RFW 3 | RFW 4 | RFW 5 |
|-----------|-----|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 口径 (mm) | | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 标准制冷量(kW) | R12 | 1.04 | 1.28 | 1.51 | 1.97 | 2.56 | 5.35 | 9.30 | 11.62 |
| | R22 | 1.57 | 1.92 | 2.26 | 2.96 | 3.83 | 8.02 | 13.95 | 17.44 |

(续)

| 型 号 | | RFW 6 | RFW 7 | RFW 8 | RFW 9 | RFW10 | RFW11 | RFW12 |
|------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 口径 (mm) | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 标准制冷量 (kW) | R12 | 17.44 | 24.42 | 31.39 | 38.37 | 45.35 | 52.32 | 62.79 |
| | R22 | 26.16 | 36.62 | 47.09 | 57.56 | 79.65 | 78.49 | 94.18 |

注: R12适用温度范围 10°C — -40°C 。

R22适用温度范围 10°C — -50°C 。

前后压差的不同以及热力膨胀阀前管路阻力损失的大小, 都会对热力膨胀阀的制冷量产生影响。因此, 在选用热力膨胀阀时要注意以下几点。

1. 当蒸发器的压力损失较小时, 宜选用内平衡式热力膨胀阀; 当蒸发器的压力损失超过下表数值或装有分液器时, 应选用外平衡式热力膨胀阀。

2. 选择热力膨胀阀时, 应计算出供液管路的压力降, 以得出热力膨胀阀入口处的压力和热力膨胀

阀前后的压差。膨胀阀前后压差对膨胀阀制冷量的影响系数见表6—25。

3. 当蒸发温度不同时, 热力膨胀阀制冷量的修正系数见表6—26。

4. 选择的热力膨胀阀的容量应比蒸发器的冷负荷要大, 对蒸发器冷负荷较稳定的场合需大20—30%, 对冷负荷波动大的场合需大70—80%, 但最大不超过蒸发器冷负荷的两倍。

拼装式T系列热力膨胀阀性能表

表 6—21

| R12 | | R22 | | R502 | | 毛细管长度 | 温包形式 | 平衡型式 及外平衡 接管尺寸 | 毛重(kg) | |
|---------------|---|---------------|---|---------------|---|--------------------------------|-------------------|--|-------------|-------------|
| 型 号 | 冷 量 ($\Delta p=0.43$ MPa时) (kW) | 型 号 | 冷 量 ($\Delta p=0.72$ MPa时) (kW) | 型 号 | 冷 量 ($\Delta p=0.72$ MPa时) (kW) | | | | 直 角 式 | 直 通 式 |
| TCL(E)1/4FW | 0.88 | TCL(E)1/2HW | 1.76 | TCL(E)1/4RW | 0.88 | 标准长度 1.5m,其 它长度需 特殊订货 | 标准温包 或快速温 包 | 内平衡或 M6喇叭 口外平衡 接头。 (焊接管 或喇叭弯 头接头需 特殊订货) | 1.1 | 1.5 |
| TCL(E)1/2FW | 1.76 | TCL(E)1HW | 3.52 | TCL(E)1/2RW | 1.76 | | | | | |
| TCL(E)1FW | 3.52 | TCL(E)2HW | 7.03 | TCL(E)1RW | 3.52 | | | | | |
| TCL(E)2FW | 7.03 | TCL(E)3HW | 10.55 | TCL(E)2RW | 7.03 | | | | | |
| TCL(E)3FW | 10.55 | TCL(E)5HW | 17.58 | TCL(E)3RW | 10.55 | | | | | |
| TCL(E)4FW | 14.06 | TCL(E)7 1/2HW | 26.37 | TCL(E)4 1/2RW | 15.82 | | | | | |
| TCL(E)6 1/2FW | 22.85 | TCL(E)10HW | 35.16 | TCL(E)7 RW | 24.61 | | | | | |
| TCL(E)7 1/2FW | 26.37 | TCL(E)12HW | 42.19 | TCL(E)8 RW | 28.13 | | | | | |
| TRF8FW | 28.13 | | 49.22 | TRF9RW | 31.64 | | | | | |
| TRF11FW | 38.68 | TRF18HW | 63.29 | TRF12RW | 42.19 | | | | | |
| TRF13FW | 45.71 | TRF22HW | 77.35 | TRF14RW | 49.22 | 标准长度 3m,其 它长度特 殊订货 | 同 上 | 外平衡接 头 M 6 喇叭口 | 2.0 | 2.0 |
| TRF15FW | 52.74 | TRF26HW | 91.42 | TRF16RW | 56.26 | | | | | |
| TRF20FW | 70.32 | TRF35HW | 123.06 | TRF21RW | 73.84 | | | | | |
| TRF25FW | 87.9 | TRF45HW | 158.22 | TRF27RW | 94.93 | | | | | |
| TRF35FW | 123.06 | TRF55HW | 193.38 | TRF37RW | 130.09 | | | | | |
| TRF45FW | 158.22 | TRF75HW | 263.70 | TRF48RW | 168.77 | | | | | |
| TRF55FW | 193.38 | TRF100HW | 351.60 | TRF60RW | 210.96 | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

HC系列热力膨胀阀性能表

表 6—22

| R12 | | R22 | | R502 | | 接管尺寸 | | 毛细管长度 | 平衡形式及 外平衡接管 尺寸 | 重量 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|----------------------------|-------|-----------------------------------|------------|
| 型 号 | 冷 量 ($\Delta p = 0.43$ MPa时) (kW) | 型 号 | 冷 量 ($\Delta p = 0.72$ MPa时) (kW) | 型 号 | 冷 量 ($\Delta p = 0.72$ MPa时) (kW) | 进 口 | 出 口 | | | |
| HC1/4F HCE1/4F | 0.88 | HC1/2H HCE1/2H | 1.76 | HC1/4R HCE1/4R | 0.88 | $\phi 6 \times 1$ 或 $\phi 10 \times 1$ 喇叭 口 | $\phi 12 \times 1$ 喇叭 口 | 1.5m | 内平衡或 $\phi 6 \times 1$ 外 平衡 | 0.6 |
| HC1/2F HCE1/2F | 1.76 | HC1H HCE1H | 3.52 | HC1/2R HCE1/2R | 1.76 | | | | | |
| HC1F HCE1F | 3.52 | HC1 $\frac{1}{2}$ H HCE1 $\frac{1}{2}$ H | 5.27 | HC1R HCE1R | 3.52 | | | | | |
| HC1 $\frac{1}{2}$ F HCE1 $\frac{1}{2}$ F | 5.27 | HC2H HCE2H | 7.03 | HC1 $\frac{1}{2}$ R HCE1 $\frac{1}{2}$ R | 5.27 | | | | | |
| HC2F HCE2F | 7.03 | HC3H HCE3H | 10.55 | HC2R HCE2R | 7.03 | | | | | |
| HC3F HCE3F | 10.55 | HC5H HCE5H | 17.58 | HC3R HCE3R | 10.55 | | | | | |

RCD系列热力膨胀阀

表 6—23

| R12 | | R22 | | R502 | | 接管尺寸 | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------|-------|
| 型 号 | 冷 量 (kW) | 型 号 | 冷 量 (kW) | 型 号 | 冷 量 (kW) | 进 口 | 出 口 |
| RCD1/4F RCDE1/4F | 0.872 | RCD1/2H RCDE1/2H | 1.744 | RCD1/4R RCDE1/4R | 0.872 | | |
| RCD1/2F RCDE1/2F | 1.744 | RCD 1 H RCDE 1 H | 3.488 | RCD1/2R RCDE1/2R | 1.744 | | |
| RCD 1 F RCDE 1 F | 3.488 | RCD 1 ½ H RCDE 1 ½ H | 5.233 | RCD 1 R RCDE 1 R | 3.488 | φ10×1 | φ12×1 |
| RCD 1 ½ F RCDE 1 ½ F | 5.233 | RCD 2 H RCDE 2 H | 6.977 | RCD 1 ½ R RCDE 1 ½ R | 5.233 | | |
| RCD 2 F RCDE 2 F | 6.977 | RCD 3 H RCDE 3 H | 10.465 | RCD 2 R RCDE 2 R | 6.977 | | |
| RCD 3 F RCDE 3 F | 10.465 | RCD 5 H RCDE 5 H | 17.442 | RCD 3 R RCDE 3 R | 10.465 | | |

注：1.表中制冷量的工况为：蒸发温度4.5℃，冷凝温度38℃。

2.毛细管长度均为1.5m。

3.型号中不带E为内平衡式，带E为外衡式。

蒸发器内压力降 表 6—24

| 制冷剂 | 不同蒸发温度下的压力降(kPa) | | | | | |
|-----|------------------|------|------|------|------|------|
| | 5℃ | 0℃ | -10℃ | -20℃ | -30℃ | -40℃ |
| R12 | 19.6 | 17.6 | 12.7 | 9.8 | 6.8 | 4.9 |
| R22 | 14.7 | 12.7 | 9.8 | 6.8 | 4.9 | 2.9 |

压力差对制冷量影响的系数 表 6—25

| 制冷剂 | 膨胀阀前后压力差(kPa) | | | |
|-----|---------------|------|------|------|
| | 196 | 392 | 588 | 784 |
| R12 | 0.77 | 0.89 | 1 | 1.04 |
| R22 | 0.75 | 0.86 | 0.96 | 1 |

蒸发温度对热力膨胀阀制冷量的修正系数

表 6—26

| 制冷剂 | 蒸发温度(℃) | | | | | |
|-----|---------|-----|-----|------|------|------|
| | 5 | -5 | -15 | -23 | -28 | -40 |
| R12 | 1.6 | 1.3 | 1 | 0.88 | 0.76 | 0.52 |
| R22 | 1.4 | 1.3 | 1 | 0.91 | 0.80 | 0.60 |

(六) 分液器

一般氟冷风机都带分液器，不需另选。如需自己选择时，可按下页表 6—27 选用。

(七) 过滤器

过滤器的大小可按制冷剂通过滤网的流速要求来选用。气体通过滤网的流速可采用 1—1.5 m/s，液体通过滤网的流速可采用 0.07—1 m/s。

按流速计算的过滤器规格如小于被安装处的管子直径，则按管子直径来选用。

氟用过滤器的滤网材料用黄铜、磷铜或不锈钢丝网，目数范围通常为 80—120 目/英寸。

每种规格分液管的制冷能力 (kW)

表 6—27

| 蒸发温度 (°C) | 分液管规格 (外径×壁厚) (mm) | | | | | | | | | |
|--------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | 4×0.75 | | 5×1 | | 6×1 | | 8×1 | | 10×1 | |
| | R12 | R22 | R12 | R22 | R12 | R22 | R12 | R22 | R12 | R22 |
| 5 | 1.41 | 2.47 | 2.26 | 4.01 | 4.07 | 7.15 | 9.24 | 16.23 | 18.60 | 32.56 |
| | 0.94 | 1.65 | 1.51 | 2.67 | 2.73 | 4.76 | 6.16 | 10.81 | 12.44 | 21.74 |
| | 0.24 | 0.41 | 0.38 | 0.67 | 0.68 | 1.19 | 1.54 | 2.70 | 3.11 | 5.43 |
| 0 | 1.18 | 2.07 | 1.92 | 3.40 | 3.40 | 6.10 | 7.85 | 13.78 | 15.69 | 27.21 |
| | 0.79 | 1.38 | 1.23 | 2.26 | 2.26 | 4.07 | 5.23 | 9.18 | 10.46 | 18.14 |
| | 0.20 | 0.35 | 0.32 | 0.57 | 0.57 | 1.01 | 1.30 | 2.29 | 2.61 | 4.53 |
| -5 | 0.99 | 1.74 | 1.62 | 2.84 | 2.90 | 5.14 | 6.62 | 11.63 | 13.08 | 22.15 |
| | 0.66 | 1.16 | 1.08 | 1.89 | 1.95 | 3.43 | 4.42 | 8.83 | 8.72 | 15.23 |
| | 0.17 | 0.29 | 0.27 | 0.47 | 0.49 | 0.86 | 1.10 | 1.94 | 2.18 | 3.81 |
| -10 | 0.83 | 1.46 | 1.36 | 2.39 | 2.44 | 4.27 | 5.40 | 9.42 | 10.99 | 19.18 |
| | 0.56 | 0.97 | 0.90 | 1.59 | 1.63 | 2.85 | 3.60 | 6.28 | 7.32 | 12.79 |
| | 0.14 | 0.24 | 0.22 | 0.40 | 0.40 | 0.72 | 0.90 | 1.57 | 1.83 | 3.19 |
| -15 | 0.69 | 1.23 | 1.15 | 2.00 | 2.06 | 3.61 | 4.53 | 7.85 | 9.30 | 16.28 |
| | 0.46 | 0.81 | 0.76 | 1.33 | 1.37 | 2.40 | 3.02 | 5.23 | 6.16 | 10.81 |
| | 0.11 | 0.20 | 0.19 | 0.33 | 0.35 | 0.60 | 0.75 | 1.31 | 1.54 | 2.70 |

(续)

| 蒸发温度 (℃) | 分液管规格(外径×壁厚)(mm) | | | | | | | | | |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 4×0.75 | | 5×1 | | 6×1 | | 8×1 | | 10×1 | |
| | R12 | R22 | R12 | R22 | R12 | R22 | R12 | R22 | R12 | R22 |
| -20 | 0.59 | 1.04 | 0.96 | 1.67 | 1.71 | 2.96 | 3.83 | 6.80 | 7.67 | 13.43 |
| | 0.39 | 0.69 | 0.64 | 1.11 | 1.14 | 1.97 | 2.56 | 4.53 | 5.11 | 8.95 |
| | 0.10 | 0.17 | 0.16 | 0.28 | 0.29 | 0.50 | 0.64 | 1.13 | 1.28 | 2.24 |
| -25 | 0.49 | 0.85 | 0.80 | 1.39 | 1.43 | 2.49 | 3.22 | 5.58 | 6.45 | 11.33 |
| | 0.32 | 0.57 | 0.53 | 0.93 | 0.95 | 1.66 | 2.15 | 3.72 | 4.30 | 7.56 |
| | 0.08 | 0.14 | 0.14 | 0.23 | 0.24 | 0.42 | 0.54 | 0.93 | 1.07 | 1.89 |
| -30 | 0.40 | 0.69 | 0.68 | 1.18 | 1.23 | 2.12 | 2.70 | 4.71 | 5.40 | 9.42 |
| | 0.26 | 0.46 | 0.45 | 0.79 | 0.81 | 1.42 | 1.80 | 3.14 | 3.60 | 6.28 |
| | 0.07 | 0.11 | 0.11 | 0.19 | 0.20 | 0.36 | 0.45 | 0.78 | 0.90 | 1.57 |

注: 1.表中第一行为允许最大制冷能力,第二行为标准制冷能力,第三行为允许最小制冷能力。

2.冷凝温度为30℃。

分液管长度的负荷修正系数

表6-28

| 分液管长(m) | 0.25 | 0.5 | 0.75 | 1.0 | 1.25 | 1.5 | 1.75 | 2.0 | 2.25 | 2.50 |
|---------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 修正系数 | 2 | 1.43 | 1.16 | 1.0 | 0.89 | 0.81 | 0.75 | 0.70 | 0.66 | 0.62 |

分液器的阻力损失

表 6—29

| 选用负荷与 标准负荷比 (%) | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 阻力损失 (kPa) | 29.4 | 32.4 | 41.1 | 51.0 | 60.8 | 70.6 | 80.4 | 90.2 | 102 | 112.8 | 125.5 | 139.2 | 137.3 | 171.6 |

干燥剂性能表

表 6—30

| 序号 | 品名 | 分子式 | 级别 | 吸水率 | 色别 | 粒度 | 再生性能 | 使用期限 | 备注 |
|----|------------------------------|---|----|-------------|---------------|-----------------|---------------------------------------|------|--|
| 1 | 变色硅胶 | SiO_2 | CP | $\geq 31\%$ | 干燥时蓝色，吸水后粉红色。 | $\phi 3-\phi 5$ | 100—120℃ 加热再生 | 长期 | — |
| 2 | 分子筛 Ca_5A | $[(\text{AlO}_2)_x \cdot (\text{SiO}_2)_y]$ | — | 20% | 白色 | $\phi 5-\phi 6$ | 350℃ $\pm 10^\circ\text{C}$ 减压加热5h | 长期 | 使用前活化处理550℃ $\pm 10^\circ\text{C}$ 加热2h，干燥条件下冷却到室温 |
| 3 | 活性氧化铝 | Al_2O_3 | CP | 20—25% | 白色或淡黄色 | ≥ 8 | 150—200℃ 加热再生 | 短期 | 易粉化 |
| 4 | 无水氯化钙 | CaCl_2 | CP | 50% | 白色 | ≥ 8 | 无 | 短期 | 易潮解 |

(八) 干燥器

干燥器的规格可按贮液器或机组冷凝器出液管的直径来选择。干燥剂一般采用硅胶(二氧化硅)、分子筛和活性氧化铝等。其性能见上页表6—30。

九、制冷压缩机及其辅助设备的布置

1. 小型氟压缩机选用时大多采用水冷式氟压缩冷凝机组,也有采用风冷式冷凝器组成的风冷机组。制冷压缩冷凝机组是将压缩机、油分离器、冷凝器、贮液器等组装成一个整体机组。因此,机房的布置实质上是机组和管线的布置,比氟机房简单得多。在布置机组之间间距时,除留有必要的操作走道的间距外,还要考虑冷凝器水管的冲洗间距。间距的大小视采用那一种冲洗的方法而定。

2. 小型不完全冷却的中冷器通常由双级机组

自带,并已安装在机组上。大型不完全冷却的中冷器可参照氨中冷器进行布置。

3. 大、中型氟机房应设有每小时不小于7次换气的事事故排风,由于氟制冷剂气体的密度比空气重,所以排风扇位置宜设在房间的下方。

十、冷间冷却设备

(一) 墙排管和顶排管

墙排管和顶排管一般采用D25×2.25、D32×2.5和D38×2.5mm的无缝钢管或D19×1.5、D22×1.5mm的紫铜管制作。通常采用光滑蛇形排管,不采用翅片排管。

1. 墙、顶排管蒸发面积计算

$$A = Qq / (K \Delta t) \quad (6-21)$$

式中: A ——墙、顶排管蒸发面积(m^2)。

Qq ——冷间冷却设备负荷(W)。

K ——墙、顶排管传热系数($W/m^2 \cdot ^\circ C$)。

Δt ——冷间空气温度与制冷剂蒸发温度之差(℃)。

2. 墙、顶排管传热系数计算

$$K = K' C_1 C_2 \quad (6-22)$$

式中: K ——墙、顶排管在设计条件下的传热系数($W/m^2 \cdot ^\circ C$)。

K' ——墙、顶排管在特定条件下的传热系数($W/m^2 \cdot ^\circ C$),见表6-31、6-32、6-33。

C_1 ——构造换算系数,见表6-34。

C_2 ——管径换算系数,见表6-34。

采用热力膨胀阀供液的排管,应有过热面积,选用面积应比公式6-21计算面积大15—20%。

氟单排光滑蛇形墙排管的传热系数 K' ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

表6-31

| 高度方向上的排管数(根) | 计算温度差(℃) | 冷间空气温度(℃) | | | | | | | |
|--------------|----------|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | -4 | -10 | -12 | -15 | -18 | -23 | -30 |
| 8 | 6 | 8.00 | 7.51 | 6.92 | 6.72 | 6.53 | 6.32 | 6.02 | 5.73 |
| | 10 | 8.69 | 8.11 | 7.41 | 7.21 | 7.02 | 6.81 | 6.52 | 6.23 |
| | 15 | 8.99 | 8.50 | 7.81 | 7.61 | 7.31 | 7.11 | 6.81 | 6.52 |
| 10 | 6 | 8.50 | 8.00 | 7.31 | 7.11 | 6.81 | 6.72 | 6.42 | 6.02 |
| | 10 | 9.19 | 8.50 | 7.81 | 7.61 | 7.31 | 7.11 | 6.81 | 6.52 |
| | 15 | 9.48 | 8.90 | 8.11 | 8.00 | 7.71 | 7.51 | 7.21 | 6.92 |
| 12 | 6 | 9.09 | 8.50 | 7.81 | 7.61 | 7.31 | 7.11 | 6.81 | 6.42 |
| | 10 | 9.68 | 9.09 | 8.30 | 8.11 | 7.81 | 7.61 | 7.21 | 6.92 |
| | 15 | 9.98 | 9.39 | 8.60 | 8.40 | 8.11 | 7.90 | 7.61 | 7.31 |
| 14 | 6 | 9.58 | 8.99 | 8.20 | 8.00 | 7.81 | 7.51 | 7.21 | 6.92 |
| | 10 | 10.28 | 9.58 | 8.79 | 8.50 | 8.20 | 8.00 | 7.71 | 7.31 |
| | 15 | 10.57 | 9.88 | 9.09 | 8.90 | 8.60 | 8.30 | 8.00 | 7.71 |
| 16 | 6 | 10.28 | 9.58 | 8.79 | 8.60 | 8.30 | 8.00 | 7.71 | 7.31 |
| | 10 | 10.87 | 10.18 | 9.29 | 9.09 | 8.79 | 8.50 | 8.11 | 7.81 |
| | 15 | 11.17 | 10.48 | 9.58 | 9.39 | 9.09 | 8.79 | 8.50 | 8.11 |

注: 表列数值为外径38mm钢管, 管间距与管外径之比为4, 冷间相对湿度90%, 霜层厚度6mm时的传热系数。

氟单层光滑蛇形顶排管的K'值 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

表 6—32

| 冷间空气温度 ($^\circ C$) | 计算温差 Δt ($^\circ C$) | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 |
| 0 | 7.31 | 7.71 | 8.00 | 8.20 | 8.40 |
| -4 | 6.92 | 7.21 | 7.41 | 7.61 | 7.81 |
| -10 | 6.32 | 6.62 | 6.81 | 7.02 | 7.21 |
| -12 | 6.12 | 6.42 | 6.62 | 6.81 | 7.02 |
| -15 | 5.93 | 6.23 | 6.42 | 6.62 | 6.81 |
| -18 | 5.73 | 6.02 | 6.23 | 6.42 | 6.62 |
| -23 | 5.53 | 5.73 | 5.93 | 6.12 | 6.32 |
| -30 | 5.23 | 5.53 | 5.73 | 5.83 | 6.02 |

注：表列数值为外径38mm钢管，管间距与管外径之比为4，冷间相对湿度90%，霜层厚度6mm时的传热系数。

氟双层光滑蛇形顶排管的K'值 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

表 6—33

| 冷间空气温度 ($^\circ C$) | 计算温差 Δt ($^\circ C$) | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 |
| 0 | 6.92 | 7.32 | 7.61 | 7.81 | 8.00 |
| -4 | 6.62 | 6.81 | 7.02 | 7.21 | 7.41 |
| -10 | 6.02 | 6.32 | 6.53 | 6.72 | 6.81 |
| -12 | 5.83 | 6.13 | 6.32 | 6.53 | 6.72 |
| -15 | 5.63 | 5.93 | 6.13 | 6.32 | 6.53 |
| -18 | 5.44 | 5.73 | 5.93 | 6.13 | 6.32 |
| -23 | 5.23 | 5.44 | 5.63 | 5.83 | 6.02 |
| -30 | 4.94 | 5.23 | 5.44 | 5.53 | 5.73 |

注：表列数值为外径38mm钢管，管间距与管外径之比为4，冷间相对湿度90%，霜层厚度6mm时的传热系数。

各型排管换算系数表

表 6—34

| 换算系数 排管形式 | C ₁ | | C ₂ |
|--------------|----------------|-------|---------------------------|
| | S/D=4 | S/D=2 | |
| 单排光滑蛇形顶排管 | 1.0 | 0.987 | (0.038/D) ^{0.16} |
| 单层光滑蛇形顶排管 | 1.0 | 0.975 | (0.038/D) ^{0.18} |
| 双层光滑蛇形顶排管 | 1.0 | 1.000 | (0.038/D) ^{0.18} |

注：S——管间距，D——管外径。

(二) 冷 风 机

氟利昂冷风机的选择计算方法与氨冷风机基本相同。

在制冷负荷方面，有的产品样本列出冷间温度、温差和相应的制冷负荷，选用比较方便。也有的产品只给出冷风机的冷却面积，未提供制冷负

荷，用户只能估算选用。为了方便使用，介绍一种国外资料关于氟冷风机传热系数K的建议值供参考，见表6—35。

国外资料氟冷风机传热系数K的建议值

表 6—35

| | | 冷间温度(°C) | | |
|-----|---|----------|------------------|------------------|
| | | -23 | -15 | 0 |
| 制冷剂 | 传热系数K W/(m ² ·°C) (kcal/m ² ·°C) | 7 | 9 | 14 |
| | 温差(°C) | | | |
| R12 | 热力膨胀阀 | 11[10] | 11—13 [10—12] | 22—24 [20—22] |
| | 氟泵 | 13[12] | 13—15 [12—14] | 26—29 [24—26] |

国产氟冷风机在结构、材质、加工等方面与国外产品不同，传热系数K的近似取值见表6—36。

表中温差指冷间空气温度与制冷剂温度差。若

国产氟冷风机传热系数K的近似取值

表 6—36

| 制冷剂 | 冷间温度(℃) | 温差(℃) | | |
|---|---------|--------|------------------|------------------|
| | | -23 | -15 | 0 |
| 传热系数K W/(m ² ·℃) [kcal/m ² ·℃] | | 10 | 10 | 15 |
| R12 | 热力膨胀阀 | 9(8) | 9—11 [8—10] | 11—13 [10—12] |
| | | | | |
| R22 | 热力膨胀阀 | 11(10) | 11—13 [10—12] | 13—16 [12—15] |
| | | | | |

计算时所取温差不同,估算制冷负荷亦可参照使用。

国产氟冷风机均为吊顶式,型号和规格不多,常用的有DL型、F型和DD型。按照气流方向,DL型和F型属推风型冷风机,DD型属引风型冷风机。以上三种型号蒸发排管部分均为紫铜管铝翅片,片距6—10mm。

选用冷风机时,应在制冷负荷需要的冷却面积再加上20%作为过热用,以这两部分冷却面积之和,对照产品样本选用合适的冷风机。

DL型、F型氟冷风机技术参数

表 6—37

| 型 号 | DL25 | DL50 | DL100 | DL150 | F—54 | F—145 |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 冷却面积m ² | 25 | 45 | 104 | 157 | 54 | 145 |
| 进液管直径, 铜mm | 16×1 | 16×1 | 19×1.5 | 19×1.5 | 16×1.5 | 19×1.5 |
| 回气管直径, 铜mm | 38×3 | 38×3 | 51×3 | 51×3 | 38×3 | 51×3 |
| 进水管直径, 内径mm | 20 | 20 | 32 | 40 | 40 | 40 |
| 回水管直径, 内径mm | 40 | 40 | 80 | 80 | 70 | 102 |
| 通风机型号 | 30K4—11 5°-4-25° | 30K—11 5°-4-25 | T40—1 5°-4-35° | T40—1 5°-4-35° | 03—11 7°-4-20° | 03—11 7°-6-25° |
| 通风机风量m ³ /h | 6500 | 2×6500 | 2×9090 | 2×9090 | 15100 | 18350 |
| 通风机风压Pa (mmH ₂ O) | 121.5 (12.4) | 121.5 (12.4) | 184.3 (18.8) | 184.3 (18.8) | 227 (23.2) | 291 (29.7) |
| 电动机型号 | JO ₂ 11—4 | JO ₂ 11—4 | JO ₂ 12—4 | JO ₂ 12—4 | JO ₂ 31—4 | JO ₂ 32—4 |
| 电动机功率kW | 0.6 | 2×0.6 | 2×0.8 | 2×0.8 | 2.2 | 3 |
| 电动机转速r/min | 1450 | 1450 | 1450 | 1450 | 1450 | 1450 |
| 电动机电压V | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 |
| 总重量kg | 120 | 200 | 450 | 600 | 250 | 600 |

DD型氟冷风机技术参数

表 6—38

| 型 号 | DD12—1.0/7.3 | DD12—2.0/13.2 | DD12—2.3/16.5 | DD12—3.0/22 | DD12—5.6/40 |
|---|--------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| $t_2 = -25^{\circ}\text{(W)}\Delta t_m = 7^{\circ}\text{C}$ | 1163 | 2326 | 2675 | 3489 | 6513 |
| [kcal/h] | [1000] | [2000] | [2300] | [3000] | [5600] |
| 冷却面积(m ²) | 7.3 | 13.2 | 16.5 | 22 | 40 |
| 轴流风机直径(mm) | 330 | 330 | 330 | 330 | 400 |
| 风机台数(台) | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 每台风机风量(m ³ /h) | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 5200 |
| 每台风机风压(Pa) | 98 | 98 | 98 | 98 | 167 |
| [mmH ₂ O] | [10] | [10] | [10] | [10] | [17] |
| 风机电动机功率(W) | 90 | 90 | 90 | 90 | 550 |
| 风机电动机电压(V) | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 |
| 风机电动机转速(r/min) | 1400 | 1400 | 1400 | 1400 | 1400 |
| 融霜电加热管功率(kW) | 2×0.55 | 2×1.0 | 2×1.0 | 2×1.2 | 4×1.0 |
| 底盘电加热管功率(kW) | 1×0.55 | 1×1.0 | 1×1.0 | 1×1.2 | 1×1.5 |
| 电加热管电压(V) | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 |
| 进液管直径(mm) | φ12 | φ12 | φ12 | φ12 | φ16 |
| 回气管直径(mm) | φ16 | φ16 | φ16 | φ16 | φ38 |
| 融霜排水管内径(mm) | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 总重量(kg) | 33 | 50 | 51 | 63 | 100 |
| 配冷库容积(m ³) | 8—10 | 10—15 | 15—18 | 20—25 | 35—40 |

注: Δt_m ——对数平均温差。

DL型氟冷风机外形尺寸 表 6—39

| 型号 | 外形尺寸(mm) | | | | | | | |
|-------|----------|------|-----|------|------|-----|------|------|
| | L | W | H | A | B | C | D | E |
| DL25 | 1020 | 830 | 830 | 510 | 460 | 188 | 420 | 762 |
| DL50 | 1550 | 830 | 830 | 510 | 460 | 188 | 420 | 1292 |
| DL100 | 1515 | 1360 | 880 | 1060 | 980 | 580 | 940 | 1310 |
| DL150 | 1560 | 1460 | 980 | 1168 | 1088 | 695 | 1050 | 1310 |

DD型氟冷风机外形尺寸 表 6—40

| 型号 | 外形尺寸(mm) | | | 安装尺寸(mm) | | | |
|---------------|----------|-----|-----|----------|-----|----|-----|
| | A | B | C | D | E | F | G |
| DD12-1.0/7.3 | 730 | 540 | 566 | 530 | 380 | 82 | 118 |
| DD12-2.0/13.2 | 1130 | 540 | 566 | 930 | 380 | 82 | 118 |
| DD12-2.3/16.5 | 1130 | 540 | 566 | 930 | 380 | 82 | 118 |
| DD12-3.4/22 | 1430 | 540 | 566 | 1230 | 380 | 82 | 118 |
| DD12-5.6/40 | 1455 | 710 | 575 | 1205 | 580 | 75 | 175 |

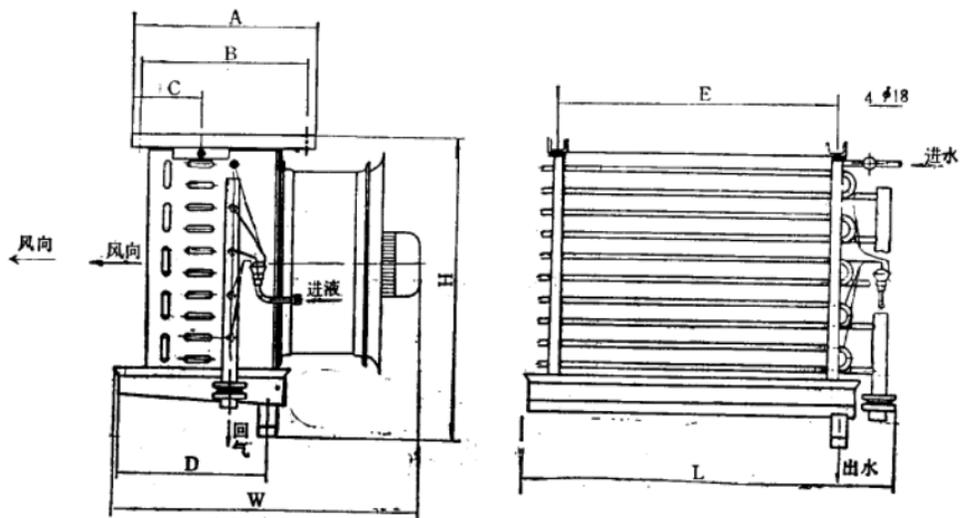


图 6—21 DL25、DL50型氟冷风机外形图

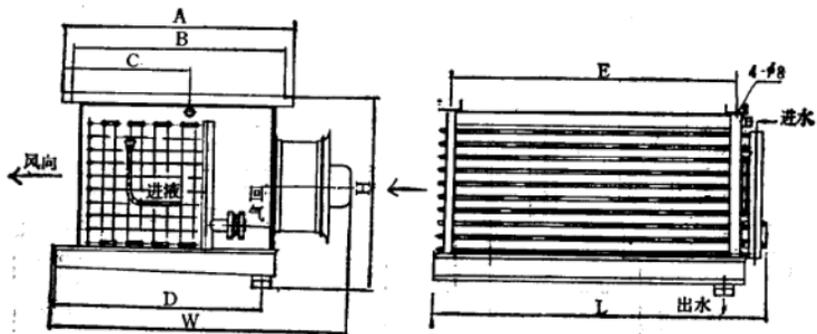


图 6—22 DL100. DL150型氟冷风机外形图

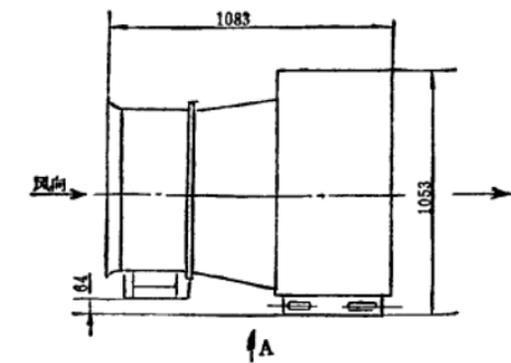


图 6-23 F-54型氟冷风机外形图

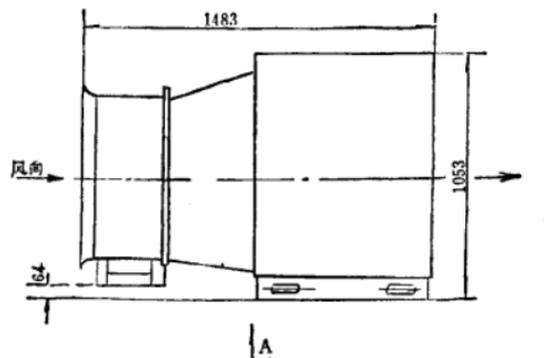
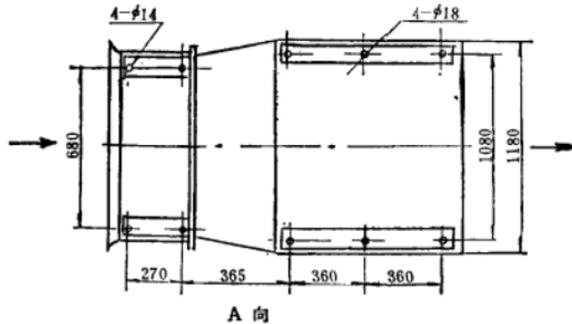
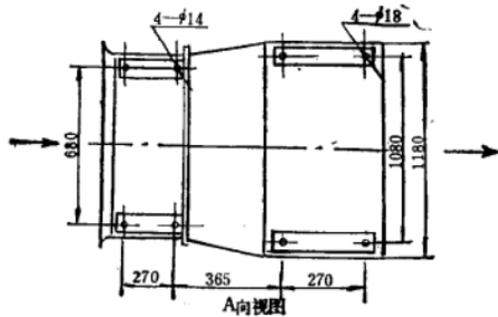


图 6-24 F-145型氟冷风机外形图



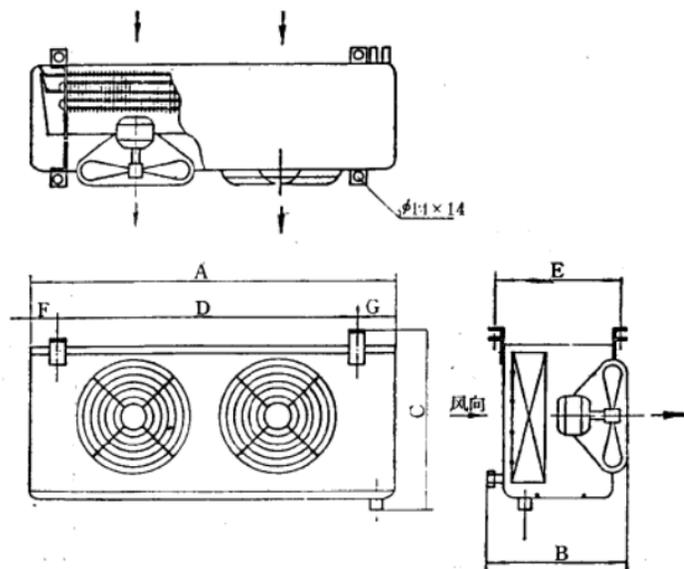


图 6—25 DD型氟冷风机外形图

第七章 氟利昂系统管道设计

一、氟利昂系统管道的管径计算

(一) 吸 气 管

1. 吸气管的压力降控制在不超过相当于饱和蒸发温度差 1°C 。R12、R22、R502在饱和蒸发温度差 $\Delta t = 1 - 2^{\circ}\text{C}$ ，饱和吸气温度 -40 至 $+5^{\circ}\text{C}$ 时吸气管负荷量见表7-1、7-2、7-3。对其他工况条件R12、R22、R502吸气管、排气管和液体管负荷量可见表7-4、7-5、7-6、7-7。为了计算方便，在饱和蒸发温度差 1°C 时，R12、R22吸气管可查图7-1、图7-2，图中膨胀阀前的液温按 40°C 计算，对于其他进液温度可近似通用。

例：已知R22制冷系统的吸气管负荷为 50kW 蒸发温度 -30°C ，管道当量总长 50m ，计算吸气管钢管内径。

解：(1)用查表法：查表7-2 R22 -30°C $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$ ，管道当量总长 100m ，钢管公称直径 80mm 时，吸气管负荷量为 44.84kW 。换算在当量总长 50m 时吸气管负荷量 $Q = Q \left(\frac{L}{L_s} \cdot \frac{\Delta t_s}{\Delta t} \right)^{0.55} = 44.84 \left(\frac{100}{50} \cdot \frac{1}{1} \right)^{0.55} = 65.65\text{kW}$ 。若选用钢管 $D_g = 80$ 时实际饱和温差 $\Delta t = \Delta t_s \cdot \frac{L_s}{L} \cdot \left(\frac{Q}{Q_s} \right)^{1.11}$ $\Delta t = 1 \cdot \frac{50}{50} \cdot \left(\frac{50}{65.65} \right)^{1.11} = 0.65^{\circ}\text{C}$ 。

(2)用查图法：查图7-2，从吸气管负荷的

横座标A点(50kW)处垂直向上,交于当量总长50m转折线B点,再水平向左与蒸发温度-30℃准

线交于C点,然后垂直向上与左侧钢管内径横座标交于D点,读出需用吸气管钢管内径为70mm。

R12吸气管负荷量(kW)

系指以100m当量管长的摩擦引起压力降 Δp (kPa)和相应饱和温度差 $\Delta t = 1 - 2$ ℃条件下制冷负荷量(kW)。适用单级或高压级。

表 7-1

| 钢管公称 直径 (mm) | 饱和吸气温 度(℃) | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|--|
| | -40 | | -30 | | -20 | | -5 | | +5 | |
| | $\Delta t = 2$ ℃ $\Delta p = 6.04$ | $\Delta t = 1$ ℃ $\Delta p = 3.02$ | $\Delta t = 2$ ℃ $\Delta p = 8.59$ | $\Delta t = 1$ ℃ $\Delta p = 4.29$ | $\Delta t = 2$ ℃ $\Delta p = 11.78$ | $\Delta t = 1$ ℃ $\Delta p = 5.89$ | $\Delta t = 2$ ℃ $\Delta p = 17.89$ | $\Delta t = 1$ ℃ $\Delta p = 8.94$ | $\Delta t = 2$ ℃ $\Delta p = 22.92$ | $\Delta t = 1$ ℃ $\Delta p = 11.46$ |
| 12 | 0.10 | 0.07 | 0.17 | 0.11 | 0.26 | 0.17 | 0.46 | 0.31 | 0.64 | 0.44 |
| 15 | 0.20 | 0.13 | 0.32 | 0.22 | 0.49 | 0.33 | 0.87 | 0.59 | 1.23 | 0.84 |
| 18 | 0.35 | 0.23 | 0.56 | 0.38 | 0.86 | 0.58 | 1.52 | 1.04 | 2.15 | 1.47 |
| 22 | 0.62 | 0.42 | 0.99 | 0.67 | 1.52 | 1.03 | 2.69 | 1.83 | 3.79 | 2.59 |
| 28 | 1.23 | 0.83 | 1.97 | 1.34 | 3.01 | 2.06 | 5.33 | 3.64 | 7.49 | 5.12 |
| 35 | 2.27 | 1.54 | 3.62 | 2.47 | 5.50 | 3.79 | 9.80 | 6.70 | 13.76 | 9.44 |

(续)

| 钢管公称 直径 (mm) | 饱和吸气温度(℃) | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|
| | -40 | | -30 | | -20 | | -5 | | +5 | |
| | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 6.04$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 3.02$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 8.59$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 4.29$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 11.78$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 5.89$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 17.89$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 8.94$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 22.92$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 11.46$ |
| 42 | 3.79 | 2.58 | 6.04 | 4.13 | 9.24 | 6.32 | 16.27 | 11.15 | 22.81 | 15.68 |
| 54 | 7.59 | 5.17 | 12.08 | 8.26 | 18.44 | 12.62 | 32.34 | 22.21 | 45.39 | 31.19 |
| 67 | 13.58 | 9.28 | 21.60 | 14.79 | 32.92 | 22.56 | 57.67 | 39.67 | 80.80 | 55.61 |
| 79 | 21.10 | 14.44 | 33.54 | 23.00 | 51.05 | 35.03 | 89.42 | 61.52 | 125.15 | 86.31 |
| 105 | 45.46 | 31.12 | 72.01 | 49.48 | 109.50 | 75.30 | 191.27 | 131.98 | 267.50 | 184.79 |
| 钢管公称 直径 (mm) | | | | | | | | | | |
| 10 | 0.16 | 0.11 | 0.25 | 0.17 | 0.38 | 0.26 | 0.65 | 0.46 | 0.91 | 0.63 |
| 15 | 0.30 | 0.21 | 0.47 | 0.33 | 0.71 | 0.49 | 1.21 | 0.85 | 1.68 | 1.18 |
| 20 | 0.63 | 0.44 | 0.99 | 0.69 | 1.49 | 1.04 | 2.56 | 1.79 | 3.54 | 2.49 |
| 25 | 1.27 | 0.83 | 1.88 | 1.31 | 2.82 | 1.97 | 4.84 | 3.40 | 6.69 | 4.70 |
| 32 | 2.50 | 1.74 | 3.90 | 2.73 | 5.85 | 4.09 | 10.02 | 7.02 | 13.84 | 9.72 |
| 40 | 3.76 | 2.62 | 5.87 | 4.10 | 8.78 | 6.15 | 15.03 | 10.55 | 20.77 | 14.60 |
| 50 | 7.29 | 5.09 | 11.36 | 7.94 | 16.98 | 11.89 | 29.01 | 20.39 | 40.09 | 28.17 |
| 65 | 11.64 | 8.14 | 18.11 | 12.68 | 27.03 | 18.96 | 46.22 | 32.55 | 63.87 | 44.87 |

(续)

| 钢管公称 直径 (mm) | 饱和吸气温 度(℃) | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|
| | - 40 | | - 30 | | - 20 | | - 5 | | + 5 | |
| | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 6.04$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 3.02$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 8.59$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 4.29$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 11.78$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 5.89$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 17.89$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 8.94$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 22.92$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 11.46$ |
| 80 | 20.62 | 14.44 | 32.09 | 22.47 | 47.83 | 33.60 | 81.82 | 57.60 | 112.84 | 79.42 |
| 100 | 42.20 | 29.57 | 65.55 | 45.98 | 97.66 | 68.68 | 166.75 | 117.33 | 230.01 | 162.03 |
| 125 | 76.29 | 53.56 | 118.26 | 83.12 | 176.24 | 124.02 | 300.99 | 211.73 | 415.23 | 292.48 |
| 150 | 123.59 | 86.72 | 191.63 | 134.65 | 285.27 | 200.96 | 486.69 | 343.17 | 671.49 | 473.51 |
| 200 | 253.57 | 178.10 | 392.79 | 276.26 | 584.10 | 411.36 | 995.40 | 701.75 | 1373.56 | 968.60 |
| 250 | 459.02 | 322.76 | 711.23 | 500.10 | 1057.76 | 744.80 | 1802.91 | 1270.83 | 2481.04 | 1751.86 |
| 300 | 735.06 | 516.74 | 1137.53 | 800.84 | 1692.27 | 1191.18 | 2879.91 | 2032.77 | 3969.04 | 2802.38 |

R22吸气管负荷量kW

系指以100m当量管长的摩阻引起压力降 Δp (kPa) 和相应饱和温度差 $\Delta t = 1 - 2^\circ\text{C}$ 条件下制冷负荷量(kW) 适用单级或高压级。

表 7-2

| 钢管公称 直径 (mm) | 饱和吸气温度($^\circ\text{C}$) | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|--|---|--|---|--|--|--|--|
| | - 40 | | - 30 | | - 20 | | - 5 | | + 5 | |
| | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 9.79$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 4.90$ | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 13.85$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 6.92$ | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 18.91$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 0.46$ | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 28.60$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 14.30$ | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 36.56$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 18.28$ |
| 12 | 0.21 | 0.14 | 0.34 | 0.23 | 0.51 | 0.34 | 0.87 | 0.59 | 1.20 | 0.82 |
| 15 | 0.41 | 0.28 | 0.65 | 0.44 | 0.97 | 0.66 | 1.67 | 1.14 | 2.30 | 1.56 |
| 18 | 0.72 | 0.49 | 1.13 | 0.76 | 1.70 | 1.15 | 2.91 | 1.98 | 4.00 | 2.73 |
| 22 | 1.23 | 0.86 | 2.00 | 1.36 | 3.00 | 2.04 | 5.14 | 3.50 | 7.06 | 4.82 |
| 28 | 2.54 | 1.72 | 3.97 | 2.70 | 5.95 | 4.06 | 10.16 | 6.95 | 13.98 | 9.56 |
| 35 | 4.69 | 3.19 | 7.32 | 4.99 | 10.96 | 7.48 | 18.69 | 12.80 | 25.66 | 17.58 |
| 42 | 7.82 | 5.32 | 12.19 | 8.32 | 18.20 | 12.46 | 31.03 | 21.27 | 42.59 | 29.21 |
| 54 | 15.63 | 10.66 | 24.34 | 16.65 | 36.26 | 24.88 | 61.79 | 42.43 | 84.60 | 58.23 |
| 67 | 27.94 | 19.11 | 43.48 | 29.76 | 64.79 | 44.48 | 110.05 | 75.68 | 150.80 | 103.80 |
| 79 | 43.43 | 29.74 | 67.47 | 46.26 | 100.51 | 69.04 | 170.64 | 117.39 | 233.56 | 161.10 |
| 105 | 93.43 | 63.99 | 144.76 | 99.47 | 215.39 | 148.34 | 365.08 | 251.92 | 499.16 | 344.89 |

(续)

| 钢管公称 直径 (mm) | 饱和蒸气温度(℃) | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|--|---|--|---|--|--|--|--|
| | -40 | | -30 | | -20 | | -5 | | +5 | |
| | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 9.79$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 4.90$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 13.85$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 6.92$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 18.91$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 0.46$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 28.60$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 14.30$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 36.56$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 18.28$ |
| 10 | 0.33 | 0.23 | 0.50 | 0.35 | 0.74 | 0.52 | 1.25 | 0.87 | 1.69 | 1.18 |
| 15 | 0.61 | 0.42 | 0.94 | 0.65 | 1.38 | 0.96 | 2.31 | 1.62 | 3.15 | 2.20 |
| 20 | 1.30 | 0.90 | 1.98 | 1.38 | 2.92 | 2.04 | 4.87 | 3.42 | 6.63 | 4.65 |
| 25 | 2.46 | 1.71 | 3.76 | 2.62 | 5.52 | 3.86 | 9.22 | 6.47 | 12.52 | 8.79 |
| 32 | 5.11 | 3.56 | 7.79 | 5.45 | 11.42 | 8.01 | 19.06 | 13.38 | 25.88 | 18.20 |
| 40 | 7.68 | 5.36 | 11.70 | 8.19 | 17.16 | 12.02 | 28.60 | 20.10 | 38.89 | 27.35 |
| 50 | 14.85 | 10.39 | 22.65 | 14.86 | 33.17 | 23.27 | 55.18 | 38.83 | 74.92 | 52.77 |
| 65 | 23.74 | 16.58 | 36.15 | 25.30 | 52.84 | 37.13 | 87.91 | 61.89 | 119.37 | 84.05 |
| 80 | 42.02 | 29.43 | 63.95 | 44.84 | 93.51 | 65.68 | 155.62 | 109.54 | 211.33 | 148.77 |
| 100 | 85.84 | 60.16 | 130.57 | 91.69 | 190.95 | 134.08 | 317.17 | 223.47 | 430.77 | 303.17 |
| 125 | 155.21 | 108.97 | 235.58 | 165.78 | 344.66 | 242.47 | 572.50 | 403.23 | 776.67 | 547.16 |
| 150 | 251.47 | 176.49 | 381.78 | 268.72 | 557.25 | 391.95 | 925.72 | 652.73 | 1255.93 | 885.79 |
| 200 | 515.37 | 362.01 | 781.63 | 550.49 | 1141.07 | 803.41 | 1895.86 | 1336.79 | 2572.39 | 1813.97 |
| 250 | 933.07 | 656.12 | 1413.53 | 996.65 | 2063.66 | 1454.75 | 3429.24 | 2417.91 | 4646.48 | 3280.83 |
| 300 | 1494.35 | 1050.57 | 2264.54 | 1593.85 | 3305.39 | 2330.50 | 5477.74 | 3867.63 | 7433.20 | 5248.20 |

R502吸气管负荷量kW

系指以100m当量管长的摩阻引起压力降 Δp (kPa)和相应饱和温度差 $\Delta t = 1 - 2^\circ\text{C}$ 条件下制冷负荷量(kW)适用单级或高压级。

表 7-3

| 钢管公称 直径 (mm) | 饱和吸气温度($^\circ\text{C}$) | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|--|---|--|--|--|--|--|--|
| | - 40 | | - 30 | | - 20 | | - 5 | | + 5 | |
| | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 11.50$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 5.70$ | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 15.98$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 7.99$ | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 21.54$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 10.77$ | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 31.73$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 15.87$ | $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ $\Delta p = 39.94$ | $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ $\Delta p = 19.97$ |
| 12 | 0.18 | 0.12 | 0.28 | 0.19 | 0.43 | 0.29 | 0.75 | 0.51 | 1.05 | 0.72 |
| 15 | 0.34 | 0.23 | 0.54 | 0.37 | 0.83 | 0.56 | 1.44 | 0.98 | 2.00 | 1.37 |
| 18 | 0.60 | 0.41 | 0.95 | 0.65 | 1.44 | 0.98 | 2.50 | 1.71 | 3.48 | 2.38 |
| 22 | 1.06 | 0.72 | 1.67 | 1.14 | 2.53 | 1.73 | 4.40 | 3.01 | 6.11 | 4.20 |
| 28 | 2.11 | 1.44 | 3.32 | 2.27 | 5.02 | 3.44 | 8.68 | 5.97 | 12.06 | 8.29 |
| 35 | 3.88 | 2.65 | 6.11 | 4.17 | 9.21 | 6.32 | 15.92 | 10.95 | 22.08 | 15.22 |
| 42 | 6.46 | 4.42 | 10.16 | 6.95 | 15.31 | 10.50 | 26.39 | 18.17 | 36.58 | 25.25 |
| 54 | 12.90 | 8.83 | 20.20 | 13.86 | 30.41 | 20.90 | 52.36 | 36.11 | 72.55 | 50.15 |
| 67 | 23.02 | 15.78 | 36.00 | 24.78 | 54.19 | 37.30 | 93.16 | 64.36 | 128.96 | 89.18 |
| 79 | 35.69 | 24.53 | 55.79 | 38.40 | 83.93 | 57.89 | 144.18 | 99.69 | 199.33 | 137.96 |
| 105 | 76.67 | 52.64 | 119.66 | 82.48 | 179.67 | 123.91 | 308.06 | 213.05 | 425.46 | 295.15 |

(续)

| 钢管公称 直径 (mm) | 饱和吸气温 度(℃) | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|--|---|--|--|--|--|--|--|
| | - 40 | | - 30 | | - 20 | | - 5 | | + 5 | |
| | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 11.50$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 5.70$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 15.98$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 7.99$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 21.54$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 10.77$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 31.73$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 15.87$ | $\Delta t = 2\text{℃}$ $\Delta p = 39.94$ | $\Delta t = 1\text{℃}$ $\Delta p = 19.97$ |
| 10 | 0.27 | 0.18 | 0.41 | 0.29 | 0.61 | 0.43 | 1.03 | 0.72 | 1.41 | 0.99 |
| 15 | 0.49 | 0.34 | 0.76 | 0.53 | 1.13 | 0.79 | 1.91 | 1.34 | 2.62 | 1.84 |
| 20 | 1.04 | 0.73 | 1.61 | 1.13 | 2.38 | 1.67 | 4.03 | 2.83 | 5.52 | 3.88 |
| 25 | 1.98 | 1.38 | 3.04 | 2.13 | 4.51 | 3.16 | 7.61 | 5.34 | 10.40 | 7.32 |
| 32 | 4.09 | 2.87 | 6.29 | 4.42 | 9.31 | 6.55 | 15.70 | 11.04 | 21.48 | 15.13 |
| 40 | 6.15 | 4.31 | 9.45 | 6.64 | 14.00 | 9.82 | 23.56 | 16.59 | 32.23 | 22.70 |
| 50 | 11.88 | 8.34 | 18.24 | 12.82 | 26.96 | 18.99 | 45.40 | 31.97 | 62.10 | 43.83 |
| 65 | 18.96 | 13.30 | 29.06 | 20.45 | 42.96 | 30.24 | 72.34 | 50.94 | 98.98 | 69.69 |
| 80 | 33.55 | 23.57 | 51.44 | 36.21 | 76.04 | 53.53 | 127.82 | 90.19 | 174.90 | 123.40 |
| 100 | 68.50 | 48.10 | 104.93 | 73.85 | 155.04 | 109.08 | 260.59 | 183.83 | 355.77 | 251.27 |
| 125 | 123.60 | 86.98 | 189.39 | 122.41 | 279.53 | 196.87 | 469.33 | 331.39 | 642.34 | 453.07 |
| 150 | 200.11 | 140.76 | 306.60 | 215.68 | 452.01 | 318.75 | 758.96 | 535.98 | 1038.85 | 732.68 |
| 200 | 409.66 | 288.50 | 627.19 | 442.16 | 925.80 | 652.64 | 1552.49 | 1097.79 | 2125.32 | 1498.73 |
| 250 | 741.87 | 522.36 | 1134.37 | 800.86 | 1672.29 | 1180.39 | 2812.35 | 1982.91 | 3839.52 | 2711.03 |
| 300 | 1184.93 | 835.42 | 1814.60 | 1278.95 | 2675.24 | 1838.21 | 4492.82 | 3172.17 | 6133.72 | 4337.22 |

R12吸气管、排气管和液体管负荷量kW

系指以100m当量管长的摩擦引起压力降 ΔP (kPa) 和相应饱和温度差 Δt (°C) 条件下制冷负荷量 (kW) 适用单级或高压级。

表 7-4

| 铜管公称 直径 (mm) | 吸(回)气管 $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$ | | | | | 排气管 $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 46.51\text{kPa}$ | | | 液体管 | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--------|--------|--------------------|-----------------|--|
| | 饱和吸气温度(°C) | | | | | 饱和吸气温度(°C) | | | 铜管公称 直径 (mm) | 速度 = 0.5 m/s | $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 46.51$ |
| | -40 $\Delta p = 12.08$ | -30 $\Delta p = 17.17$ | -20 $\Delta p = 23.56$ | -5 $\Delta p = 35.77$ | +5 $\Delta p = 45.83$ | -40 | -20 | +5 | | | |
| 12 | 0.15 | 0.25 | 0.38 | 0.61 | 0.94 | 1.16 | 1.27 | 1.41 | 12 | 5.67 | 6.56 |
| 15 | 0.29 | 0.47 | 0.72 | 1.28 | 1.81 | 2.21 | 2.42 | 2.68 | 15 | 9.21 | 12.53 |
| 18 | 0.51 | 0.82 | 1.26 | 2.23 | 3.13 | 3.83 | 4.21 | 4.66 | 18 | 13.95 | 21.92 |
| 22 | 0.91 | 1.45 | 2.23 | 3.93 | 5.52 | 6.73 | 7.40 | 8.19 | 22 | 21.36 | 38.73 |
| 28 | 1.81 | 2.89 | 4.42 | 7.77 | 10.90 | 13.27 | 14.58 | 16.15 | 28 | 35.71 | 76.71 |
| 35 | 3.33 | 5.32 | 8.11 | 14.27 | 19.98 | 24.30 | 26.69 | 29.57 | 35 | 56.50 | 141.21 |
| 42 | 5.56 | 8.85 | 13.49 | 23.64 | 33.12 | 40.26 | 44.22 | 48.99 | 42 | 82.88 | 234.65 |
| 54 | 11.11 | 17.63 | 26.84 | 41.01 | 65.73 | 79.35 | 87.69 | 97.16 | 54 | 139.51 | 467.20 |
| 67 | 19.85 | 31.49 | 47.85 | 83.11 | 116.97 | 141.95 | 155.89 | 172.73 | 67 | 216.27 | 831.23 |
| 79 | 30.78 | 48.83 | 74.18 | 129.49 | 189.72 | 219.43 | 240.98 | 267.00 | 79 | 301.61 | 1292.77 |
| 105 | 66.10 | 104.78 | 158.90 | 276.95 | 386.18 | 467.52 | 513.44 | 568.87 | 105 | 538.37 | 2767.96 |

(续)

| 钢管公称 直径 (mm) | 吸(回)气管 $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$ | | | | | 排气管 $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 46.5\text{kPa}$ | | | 液体管 | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------|--------|--------------------|---------------|--|
| | 饱和吸气温度($^{\circ}\text{C}$) | | | | | 饱和吸气温度($^{\circ}\text{C}$) | | | 钢管公称 直径 (mm) | 速度=0.5 m/s | $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 46.51$ |
| | -40 $\Delta p = 12.08$ | -30 $\Delta p = 17.17$ | -20 $\Delta p = 23.56$ | -5 $\Delta p = 35.77$ | +5 $\Delta p = 45.83$ | -40 | -20 | +5 | | | |
| 10 | 0.23 | 0.36 | 0.54 | 0.93 | 1.29 | 1.56 | 1.71 | 1.89 | 10 | 8.54 | 9.50 |
| 15 | 0.43 | 0.67 | 1.01 | 1.73 | 2.40 | 2.88 | 3.16 | 3.51 | 15 | 13.60 | 17.67 |
| 20 | 0.91 | 1.42 | 2.13 | 3.65 | 5.04 | 6.06 | 6.66 | 7.38 | 20 | 23.87 | 37.29 |
| 25 | 1.73 | 2.70 | 4.03 | 6.89 | 9.52 | 11.45 | 12.57 | 13.93 | 25 | 38.61 | 70.45 |
| 32 | 3.59 | 5.57 | 8.33 | 14.25 | 19.65 | 23.60 | 25.92 | 28.71 | 32 | 66.95 | 145.80 |
| 40 | 5.39 | 8.37 | 12.51 | 21.38 | 29.48 | 35.41 | 38.89 | 43.09 | 40 | 91.12 | 219.08 |
| 50 | 10.42 | 16.18 | 24.15 | 41.20 | 56.80 | 68.24 | 74.94 | 83.04 | 50 | 150.20 | 422.74 |
| 65 | 16.63 | 25.83 | 38.47 | 65.64 | 90.52 | 108.76 | 119.44 | 132.33 | 65 | 214.12 | 673.41 |
| 80 | 29.45 | 45.67 | 68.02 | 115.96 | 159.94 | 192.18 | 211.06 | 233.85 | 80 | 330.68 | 1191.90 |
| 100 | 60.16 | 93.15 | 138.80 | 236.38 | 326.06 | 391.38 | 429.82 | 476.23 | 100 | 569.80 | 2428.68 |

注:不同工况条件下的修正。

$$(1) Q = Q_s \cdot \left(\frac{L_s}{L} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta t_s} \right)^{0.55}$$

$$(2) \Delta t = \Delta t_s \cdot \frac{L_s}{L} \cdot \left(\frac{Q}{Q_s} \right)^{1.05}$$

式中: Δt ——实际工况下饱和温度差, ($^{\circ}\text{C}$)。 Δt_s ——表中工况下饱和温度差, ($^{\circ}\text{C}$)。

Q——实际工况下负荷量, [kW]。

 Q_s ——表中工况下负荷量, [kW]。

L——实际工况下当量管长 [m]。

 L_s ——表中工况下当量管长为100m。(3) 表中负荷量以冷凝温度40 $^{\circ}\text{C}$ 为基准, 对其他冷凝变工况下负荷量以下面换算系数, 乘表中负荷量

| | 冷凝温度($^{\circ}\text{C}$) | | | |
|-----|----------------------------|------|------|------|
| | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 吸气管 | 1.18 | 1.09 | 1.00 | 0.91 |
| 排气管 | 0.80 | 0.88 | 1.00 | 1.13 |

R22吸气管、排气管和液体管负荷量kW

系指以100m当量管长的摩阻引起压力降 ΔP (kPa) 和相应饱和温度差 Δt (°C) 条件下制冷负荷量 (kW) 适用单级或高压级。

表 7-5

| 钢管公称 直径 (mm) | 吸(回)气管压力损失 $\Delta t = 4$ °C | | | | | 排气管 $\Delta t = 2$ °C $\Delta p = 74.90$ kPa | | | 液体管 | | |
|--------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------|---------|--------------------|---------------|---|
| | 饱和吸气温度(°C) | | | | | 饱和吸气温度°C | | | 钢管公称 直径 (mm) | 速度=0.5 m/s | $\Delta t = 2$ °C $\Delta p = 74.90$ |
| | -40 $\Delta p = 19.59$ | -30 $\Delta p = 27.70$ | -20 $\Delta p = 37.83$ | -5 $\Delta p = 57.19$ | +5 $\Delta p = 73.12$ | -40 | -20 | +5 | | | |
| 12 | 0.32 | 0.50 | 0.75 | 1.28 | 1.76 | 2.30 | 2.44 | 2.60 | 12 | 7.08 | 11.24 |
| 15 | 0.61 | 0.95 | 1.43 | 2.45 | 3.37 | 4.37 | 4.65 | 4.95 | 15 | 11.49 | 21.54 |
| 18 | 1.06 | 1.66 | 2.49 | 4.26 | 5.85 | 7.59 | 8.06 | 8.59 | 18 | 17.41 | 37.49 |
| 22 | 1.88 | 2.93 | 4.39 | 7.51 | 10.31 | 13.32 | 14.15 | 15.07 | 22 | 26.66 | 66.18 |
| 28 | 3.73 | 5.82 | 8.71 | 14.83 | 20.34 | 26.24 | 27.89 | 29.70 | 28 | 44.57 | 131.01 |
| 35 | 6.87 | 10.70 | 15.99 | 27.22 | 37.31 | 48.03 | 51.05 | 54.37 | 35 | 70.52 | 240.67 |
| 42 | 11.44 | 17.80 | 26.56 | 45.17 | 61.84 | 79.50 | 84.52 | 90.00 | 42 | 103.45 | 399.34 |
| 54 | 22.81 | 35.49 | 52.81 | 89.69 | 122.70 | 157.33 | 167.24 | 178.09 | 54 | 174.13 | 794.19 |
| 67 | 40.81 | 63.34 | 94.08 | 159.49 | 218.31 | 279.41 | 297.02 | 316.29 | 67 | 269.94 | 1414.99 |
| 79 | 63.34 | 98.13 | 145.89 | 247.16 | 337.86 | 431.31 | 458.50 | 488.24 | 79 | 376.47 | 2190.88 |
| 105 | 135.99 | 210.34 | 312.17 | 527.76 | 721.88 | 919.67 | 977.64 | 1041.05 | 105 | 671.98 | 4696.95 |

(续)

| 钢管公称 直径 (mm) | 吸(回)气管压力损失 $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$ | | | | | 排气管 $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 74.90\text{kPa}$ | | | 液体管 | | |
|--------------------|---|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--|--------|--------|--------------------|---------------|--|
| | 饱和吸气温度($^{\circ}\text{C}$) | | | | | 饱和吸气温度 $^{\circ}\text{C}$ | | | 钢管公称 直径 (mm) | 速度=0.5 m/s | $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 74.90$ |
| | -40 $\Delta p = 19.59$ | -30 $\Delta p = 27.70$ | -20 $\Delta p = 37.83$ | -5 $\Delta p = 57.19$ | +5 $\Delta p = 73.12$ | -40 | -20 | +5 | | | |
| 10 | 0.47 | 0.72 | 1.06 | 1.78 | 2.42 | 3.04 | 3.23 | 3.44 | 10 | 10.66 | 15.96 |
| 15 | 0.88 | 1.35 | 1.98 | 3.30 | 4.48 | 5.62 | 5.97 | 6.36 | 15 | 16.98 | 29.62 |
| 20 | 1.86 | 2.84 | 4.17 | 6.95 | 9.44 | 11.80 | 12.55 | 13.36 | 20 | 29.79 | 62.55 |
| 25 | 3.52 | 5.37 | 7.87 | 13.11 | 17.82 | 22.29 | 23.70 | 25.24 | 25 | 48.19 | 118.22 |
| 32 | 7.31 | 11.12 | 16.27 | 27.11 | 36.79 | 46.04 | 48.94 | 52.11 | 32 | 83.56 | 244.36 |
| 40 | 10.98 | 16.71 | 24.45 | 40.67 | 55.21 | 68.96 | 73.31 | 78.07 | 40 | 113.74 | 366.58 |
| 50 | 21.21 | 32.23 | 47.19 | 78.51 | 106.38 | 132.92 | 141.30 | 150.47 | 50 | 187.47 | 707.53 |
| 65 | 33.84 | 51.44 | 75.19 | 124.85 | 169.52 | 211.41 | 224.74 | 239.31 | 65 | 267.26 | 1127.27 |
| 80 | 59.88 | 90.95 | 132.82 | 220.81 | 299.53 | 373.58 | 397.12 | 422.88 | 80 | 412.74 | 1991.29 |
| 100 | 122.26 | 185.55 | 270.71 | 450.13 | 610.65 | 761.68 | 809.69 | 862.21 | 100 | 711.21 | 4063.19 |

注:不同工况条件下的修正

$$(1) Q = Q_s \cdot \left(\frac{L_s}{L} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta t_s} \right)^{0.55}$$

$$(2) \Delta t = \Delta t_s \cdot \frac{L_s}{L} \cdot \left(\frac{Q}{Q_s} \right)^{1.18}$$

式中: Δt ——实际工况下饱和温度差, [$^{\circ}\text{C}$]. Δt_s ——表中工况下饱和温度差, [$^{\circ}\text{C}$].

• 490 •

Q——实际工况下负荷量, [kW].

 Q_s ——表中工况下负荷量, [kW].

L——实际工况下当量管长, [m].

 L_s ——实际工况下当量管长为100m.(3)表中负荷量以冷凝温度 40°C 为基准,对其他冷凝温度工况下负荷量,以下面换算系数乘表中负荷量.

| | 冷凝温度($^{\circ}\text{C}$) | | | |
|----------|----------------------------|------|------|------|
| | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 吸气管 | 1.18 | 1.10 | 1.00 | 0.91 |
| 排气管(热气管) | 0.80 | 0.88 | 1.00 | 1.11 |

R502吸气管、排气管和液体管负荷量kW

系指100m当量管长的摩阻引起压力降 Δp (kPa) 和相应饱和温度差 Δt (°C) 条件下制冷负荷量 (kW) 适用单级或高压级。

表 7-6

| 铜管公称 直径 (mm) | 吸(回)气管 $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$ | | | | | 排气管 $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 77.91$ | | | 液体管 | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--|--------|--------|--------------------|---------------|--|
| | 饱和吸气温度(°C) | | | | | 饱和吸气温度(°C) | | | 铜管公称 直径 (mm) | 速度=0.5 m/s | $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 77.91$ |
| | -40 $\Delta p = 23.00$ | -30 $\Delta p = 31.96$ | -20 $\Delta p = 43.07$ | -5 $\Delta p = 63.46$ | 5 $\Delta p = 79.89$ | -40 | -20 | +5 | | | |
| 12 | 0.26 | 0.42 | 0.63 | 1.10 | 1.53 | 1.70 | 1.91 | 2.14 | 12 | 4.48 | 7.39 |
| 15 | 0.51 | 0.80 | 1.21 | 2.10 | 2.92 | 3.25 | 3.64 | 4.08 | 15 | 7.27 | 14.13 |
| 18 | 0.88 | 1.39 | 2.10 | 3.64 | 5.05 | 5.62 | 6.30 | 7.07 | 18 | 11.02 | 24.60 |
| 22 | 1.56 | 2.45 | 3.70 | 6.40 | 8.89 | 9.88 | 11.07 | 12.42 | 22 | 16.87 | 43.34 |
| 28 | 3.09 | 4.85 | 7.31 | 12.62 | 17.47 | 19.43 | 21.77 | 24.43 | 28 | 28.20 | 85.71 |
| 35 | 5.67 | 8.89 | 13.41 | 23.08 | 32.00 | 35.54 | 39.81 | 44.67 | 35 | 44.62 | 157.43 |
| 42 | 9.43 | 14.77 | 22.22 | 38.25 | 52.90 | 58.77 | 65.84 | 73.88 | 42 | 65.45 | 261.12 |
| 54 | 18.77 | 29.34 | 44.09 | 75.78 | 104.70 | 116.17 | 130.15 | 146.05 | 54 | 110.18 | 518.34 |
| 67 | 33.46 | 52.31 | 78.44 | 134.54 | 185.67 | 206.05 | 230.84 | 259.04 | 67 | 170.79 | 922.94 |
| 79 | 51.86 | 81.03 | 121.38 | 208.02 | 287.19 | 318.21 | 356.49 | 400.04 | 79 | 238.20 | 1429.92 |
| 105 | 111.07 | 173.21 | 259.31 | 443.36 | 611.36 | 677.53 | 759.05 | 851.76 | 105 | 423.17 | 3057.71 |

(续)

| 钢管公称 直径 (mm) | 吸(回)气管 $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$ | | | | | 排气管 $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 77.91$ | | | 液体管 | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--|--------|--------|--------------------|-----------------|--|
| | 饱和吸气温度($^{\circ}\text{C}$) | | | | | 饱和吸气温度($^{\circ}\text{C}$) | | | 钢管公称 直径 (mm) | 速度 = 0.5 m/s | $\Delta t = 2^{\circ}\text{C}$ $\Delta p = 77.91$ |
| | -40 $\Delta p = 23.00$ | -30 $\Delta p = 31.96$ | -20 $\Delta p = 43.07$ | -5 $\Delta p = 63.46$ | 5 $\Delta p = 79.89$ | -40 | -20 | +5 | | | |
| 10 | 0.38 | 0.59 | 0.87 | 1.47 | 2.01 | 2.22 | 2.49 | 2.79 | 10 | 6.75 | 10.33 |
| 15 | 0.71 | 1.09 | 1.61 | 2.72 | 3.72 | 4.12 | 4.61 | 5.17 | 15 | 10.74 | 19.15 |
| 20 | 1.49 | 2.29 | 3.39 | 5.73 | 7.83 | 8.65 | 9.70 | 10.88 | 20 | 18.85 | 40.33 |
| 25 | 2.82 | 4.34 | 6.41 | 10.79 | 14.76 | 16.32 | 18.28 | 20.52 | 25 | 30.49 | 76.24 |
| 32 | 5.84 | 8.96 | 13.24 | 22.29 | 30.48 | 33.65 | 37.69 | 42.30 | 32 | 52.87 | 157.63 |
| 40 | 8.76 | 13.45 | 19.87 | 33.45 | 45.66 | 50.50 | 56.57 | 63.48 | 40 | 71.96 | 236.49 |
| 50 | 16.94 | 25.96 | 38.29 | 64.46 | 88.01 | 97.24 | 108.93 | 122.24 | 50 | 118.61 | 455.66 |
| 65 | 26.98 | 41.36 | 61.01 | 102.53 | 140.26 | 154.82 | 173.45 | 194.63 | 65 | 169.10 | 726.04 |
| 80 | 47.66 | 73.07 | 107.80 | 181.18 | 247.33 | 273.61 | 306.52 | 343.96 | 80 | 261.15 | 1282.67 |
| 100 | 97.35 | 148.94 | 219.77 | 369.41 | 504.31 | 556.63 | 623.60 | 699.77 | 100 | 449.99 | 2614.58 |

注: 不同工况条件下的修正

$$(1) Q = Q_s \cdot \left(\frac{L_s}{L} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta t_s} \right)^{0.55}$$

$$(2) \Delta t = \Delta t_s \cdot \frac{L_s}{L} \cdot \left(\frac{Q}{Q_s} \right)^{1.8}$$

式中: Δt ——实际工况下饱和温度差, ($^{\circ}\text{C}$)。 Δt_s ——表中工况下饱和温度差, ($^{\circ}\text{C}$)。

Q——实际工况下负荷量, (kW)。

 Q_s ——表中工况下负荷量, (kW)。

L——实际工况下当量管长, (m)。

 L_s ——表中工况下当量管长为100m。(3) 表中负荷量以冷凝温度 40°C 为基准, 对其他冷凝温度工况下负荷量, 以下面换算系数乘表中负荷量。

| 冷凝温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 吸气管 | 排气管 |
|--------------------------------|------|------|
| 20 | 1.26 | 0.87 |
| 30 | 1.17 | 0.94 |
| 40 | 1.00 | 1.00 |
| 50 | 0.86 | 1.05 |

R12、R22吸气管、排气管和液体管负荷量kW

系指以100m当量管长的摩阻引起压力降(kPa)和相应饱和温度差 $\Delta t(^{\circ}\text{C})$ 条件下制冷负荷量(kW)适用低压级或中压级。

表 7-7

| 制冷剂 | 铜管公称直径 (mm) | 吸 气 管 $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$ | | | | | 排 气 管 | 铜管公称直径 (mm) | 液 体 管 |
|-----|----------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|----------------|-------|
| | | 饱和吸气温度($^{\circ}\text{C}$) | | | | | | | |
| | | -70 $\Delta p = 3.10$ | -60 $\Delta p = 5.13$ | -50 $\Delta p = 8.15$ | -40 $\Delta p = 12.08$ | -30 $\Delta p = 22.76$ | | | |
| R12 | 12 | 0.04 | 0.08 | 0.14 | 0.24 | 0.44 | 0.38 | 12 | 见表7-1 |
| | 15 | 0.08 | 0.15 | 0.23 | 0.46 | 0.84 | 0.74 | 15 | |
| | 18 | 0.14 | 0.27 | 0.43 | 0.80 | 1.46 | 1.29 | 18 | |
| | 22 | 0.25 | 0.48 | 0.86 | 1.42 | 2.59 | 2.28 | 22 | |
| | 28 | 0.51 | 0.96 | 1.71 | 2.82 | 5.13 | 4.52 | 28 | |
| | 35 | 0.94 | 1.78 | 3.16 | 5.20 | 9.44 | 8.32 | 35 | |
| | 42 | 1.58 | 2.97 | 5.27 | 8.68 | 15.68 | 13.83 | 42 | |
| | 54 | 3.17 | 5.95 | 10.55 | 17.33 | 31.25 | 27.58 | 54 | |
| | 67 | 5.71 | 10.67 | 18.88 | 30.98 | 55.76 | 49.27 | 67 | |
| | 79 | 8.90 | 16.61 | 29.35 | 48.03 | 86.51 | 76.42 | 79 | |
| | 105 | 19.26 | 35.84 | 63.13 | 103.16 | 185.46 | 163.98 | 105 | |
| | 130 | 34.55 | 64.12 | 112.73 | 183.98 | 329.75 | 291.95 | 130 | |
| 156 | 56.44 | 104.74 | 183.93 | 299.65 | 535.91 | 474.20 | 156 | | |

(续)

| 制冷剂 | 铜管 公称直径 (mm) | 吸气管 $\Delta t = 4^{\circ}\text{C}$ | | | | | 排气管 | 铜管 公称直径 (mm) | 液体管 |
|-----|--------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|--------------------|-------|
| | | 饱和吸气温度($^{\circ}\text{C}$) | | | | | | | |
| | | -70 $\Delta p = 3.10$ | -60 $\Delta p = 5.13$ | -50 $\Delta p = 8.15$ | -40 $\Delta p = 12.08$ | -30 $\Delta p = 22.76$ | | | |
| R22 | 12 | 0.09 | 0.16 | 0.27 | 0.47 | 0.73 | 0.74 | 12 | 见表7-5 |
| | 15 | 0.17 | 0.31 | 0.52 | 0.90 | 1.39 | 1.43 | 15 | |
| | 18 | 0.29 | 0.55 | 0.91 | 1.57 | 2.43 | 2.49 | 18 | |
| | 22 | 0.52 | 0.97 | 1.62 | 2.78 | 4.30 | 4.41 | 22 | |
| | 28 | 1.05 | 1.94 | 3.22 | 5.52 | 8.52 | 8.74 | 28 | |
| | 35 | 1.94 | 3.60 | 5.95 | 10.17 | 15.68 | 16.08 | 35 | |
| | 42 | 3.26 | 6.00 | 9.92 | 16.93 | 26.07 | 26.73 | 42 | |
| | 54 | 6.54 | 12.03 | 19.83 | 33.75 | 51.98 | 53.28 | 54 | |
| | 67 | 11.77 | 21.57 | 35.47 | 60.38 | 92.76 | 95.06 | 67 | |
| | 79 | 18.32 | 33.54 | 55.20 | 93.72 | 143.69 | 147.22 | 79 | |
| | 105 | 39.60 | 72.33 | 118.66 | 201.20 | 308.02 | 316.13 | 105 | |
| | 130 | 70.87 | 129.17 | 211.70 | 358.52 | 548.66 | 561.89 | 130 | |
| 156 | 115.74 | 210.83 | 344.99 | 583.16 | 891.71 | 915.02 | 156 | | |

注: 不同工况条件下的修正

$$(1) Q = Q_0 \cdot \left(\frac{L_2}{L_1} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta t_0} \right)^{0.55}$$

$$(2) \Delta T = \Delta t_0 \cdot \frac{L_2}{L_1} \cdot \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^{1.15}$$

式中 Δt ——实际工况下饱和温度差, [°C]。

Δt_s ——表中工况下饱和温度差, [°C]。

Q ——实际工况下负荷量, [kW]。

Q_s ——表中工况下负荷量, [kW]。

L ——实际工况下当量管长, [m]。

L_s ——表中工况下当量管长为100m。

(3) 表中负荷量以冷凝温度-15°C为基准, 对其他冷凝温度工况下负荷量, 以下面换算系数乘表中负荷量。

| 冷凝温度 (°C) | R12 | | R22 | |
|--------------|------|------|------|------|
| | 吸气管 | 排气管 | 吸气管 | 排气管 |
| -30 | 1.09 | 0.74 | 1.08 | 0.74 |
| -20 | 1.03 | 0.91 | 1.03 | 0.91 |
| -10 | 0.96 | 1.10 | 0.98 | 1.09 |
| 0 | 0.90 | 1.30 | 0.91 | 1.29 |

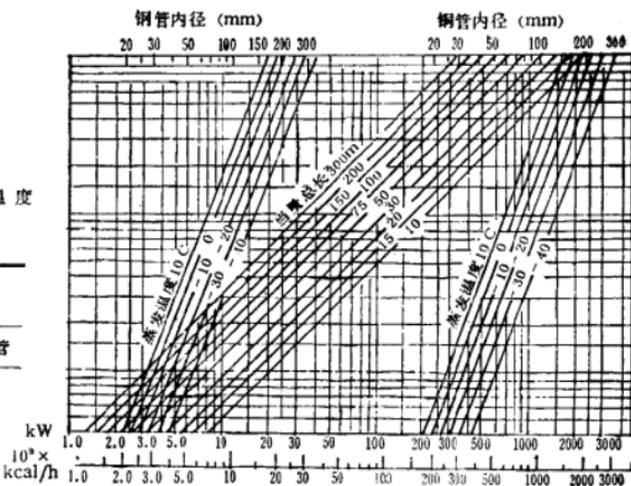


图7-1 R12吸气管负荷图

饱和蒸发温度差1°C, 膨胀阀前的液温40°C

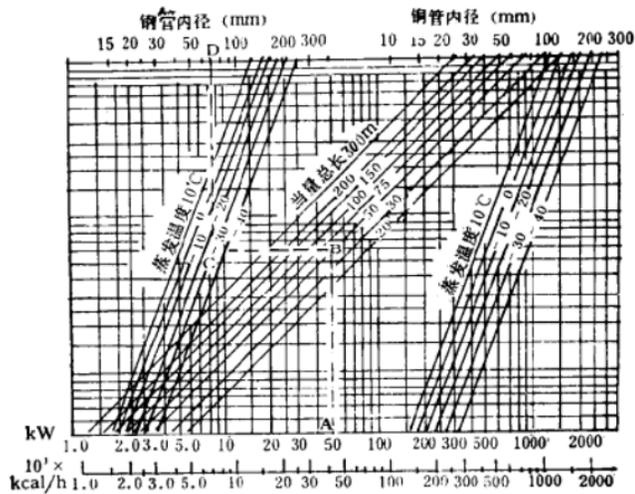
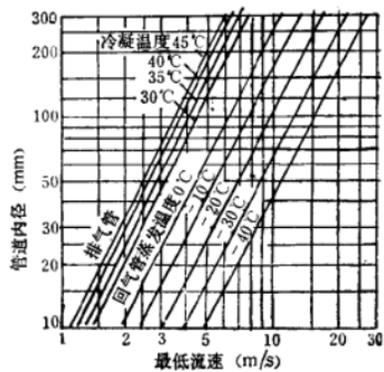
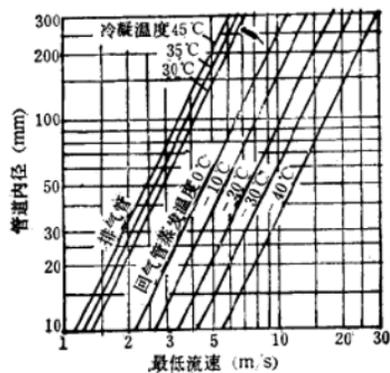


图 7—2 R22吸气管负荷
饱和蒸发温度差 1°C ；膨胀阀前的液温 40°C



K12



R22

图 7-3 氟利昂上升吸气管与排气管回油最低流速图

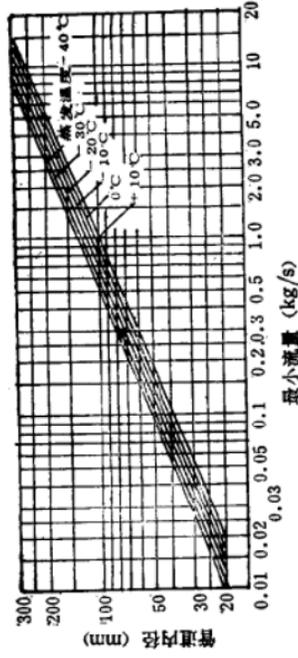


图 7—4 R12上升吸气管最小流量图

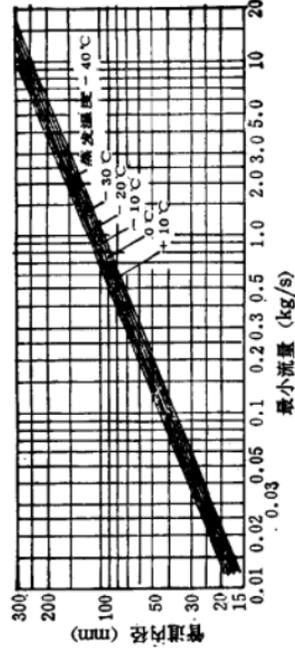


图 7—5 R22上升吸气管最小流量图

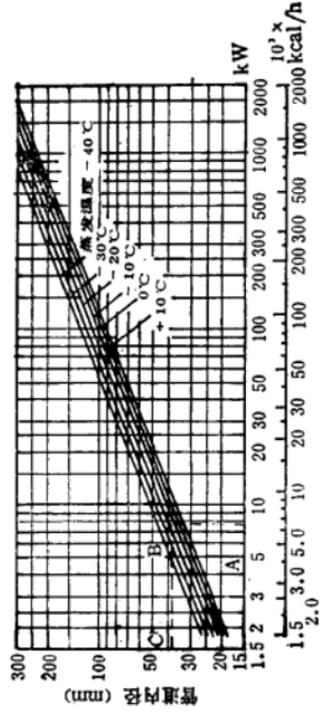


图 7—6 R12上升吸气管最小负荷图
(膨胀阀前的冷凝40°C)

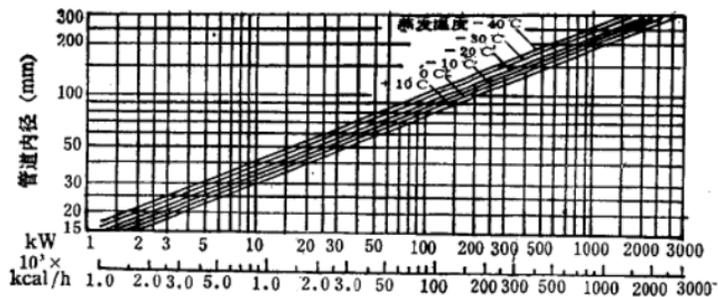


图 7-7 R22上升吸气立管最小负荷图
(膨胀阀前的液温40°C)

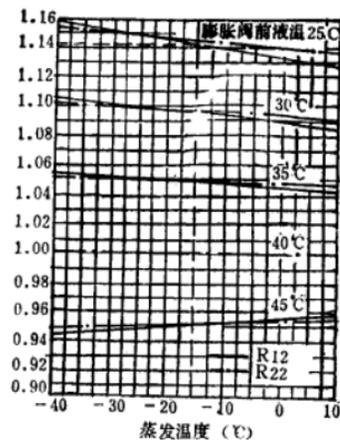


图 7-8 最小带油负荷调整系数
(用于图 8-6 与图 8-7)

2. 上升吸气管必须保证足够的回油速度, R12和R22的上升吸气管的最低回油速度见图7—3。在设计时, 上升立管流速为图中数据的1.25倍。为了使用方便, 将图中最低流速换算成最低流量, 再将最低流量和膨胀阀前的液温40℃, 算出上升吸气管的最小负荷, 见图7—4至图7—7, 膨胀阀前的液温不同时可按图7—8进行调整。氟利昂上升吸气管最小(带油)负荷见表7—8。

例: 已知R12制冷系统的吸气管负荷为27kW时, 蒸发温度-15℃, 膨胀阀前的液温+25℃, 制冷压缩机具有33%、66%及100%三级能量调节, 计算上升吸气管的管径。

解: 系统实际最低运行负荷为 $27\text{ kW} \times 33\% = 8.91\text{ kW}$, 由图7—8中查得, 在蒸发温度-15℃、膨胀阀前液温25℃时, R12的负荷调整系数为1.142, 将其换算成膨胀阀前液温40℃时的最小带油负荷为 $8.91\text{ kW} \div 1.142 = 7.8\text{ kW}$, 由图7—6上, 从R12上升吸气管最小负荷的横座标A点(7.8kW)

垂直向上, 交于蒸发温度-10℃与-20℃之间-15℃转折线的B点, 再水平向左与管子内径纵座标交于C点, 读出管子内径为38mm。

3. 制冷管道系统采用当量长度代替局部阻力系数, 常见各种阀门和管道附件的当量长度以管径的倍数表示, 见表4—18。

4. 管径未定之前, 可先假定一个或两个管径, 算出当量管长, 再根据假定的管径和管道负荷从图表中查出当量管长并从两者的比值求出管段中的压力降和饱和温度差, 计算公式分别是:

$$\Delta P = \Delta P_s \left(\frac{L}{L_s} \right) \quad (7-1)$$

$$\Delta t = \Delta t_s \left(\frac{L}{L_s} \right) \quad (7-2)$$

式中: ΔP ——管段中的压力降(kPa)。

Δt ——管段中饱和温度差(℃)。

氟利昂上升吸气立管最小(带油)负荷kW

表 7-8

| 制冷剂 | 饱和蒸发温度 (℃) | 吸气温度 (℃) | 铜管公称直径(mm) | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | | | 12 | 15 | 18 | 22 | 28 | 35 | 42 | 54 | 67 | 79 | 105 | 130 |
| R12 | -40 | -35 | 0.114 | 0.209 | 0.352 | 0.599 | 1.139 | 2.020 | 3.262 | 6.254 | 10.818 | 16.395 | 33.826 | 58.559 |
| | | -25 | 0.111 | 0.203 | 0.341 | 0.582 | 1.106 | 1.962 | 3.168 | 6.074 | 10.506 | 15.923 | 32.851 | 56.871 |
| | | -15 | 0.107 | 0.196 | 0.329 | 0.561 | 1.067 | 1.893 | 3.055 | 5.858 | 10.133 | 15.358 | 31.686 | 54.854 |
| | -20 | -15 | 0.200 | 0.366 | 0.615 | 1.048 | 1.993 | 3.536 | 5.708 | 10.945 | 18.931 | 28.692 | 59.197 | 102.479 |
| | | -5 | 0.183 | 0.335 | 0.563 | 0.959 | 1.824 | 3.236 | 5.224 | 10.017 | 17.327 | 26.261 | 54.180 | 93.794 |
| | | 5 | 0.174 | 0.319 | 0.537 | 0.915 | 1.739 | 3.085 | 4.980 | 9.550 | 16.518 | 25.035 | 51.650 | 89.415 |
| | -5 | 0 | 0.269 | 0.493 | 0.829 | 1.412 | 2.685 | 4.764 | 7.690 | 14.746 | 25.506 | 38.657 | 79.755 | 138.069 |
| | | 10 | 0.249 | 0.457 | 0.769 | 1.309 | 2.489 | 4.416 | 7.130 | 13.670 | 23.646 | 35.837 | 73.938 | 127.000 |
| | | 20 | 0.239 | 0.439 | 0.737 | 1.256 | 2.387 | 4.235 | 6.837 | 13.109 | 22.675 | 34.366 | 70.902 | 122.743 |
| | 5 | 10 | 0.321 | 0.607 | 1.020 | 1.738 | 3.305 | 5.863 | 9.465 | 18.149 | 31.393 | 47.578 | 98.162 | 169.934 |
| | | 20 | 0.305 | 0.559 | 0.939 | 1.600 | 3.041 | 5.395 | 8.710 | 16.700 | 28.886 | 43.779 | 90.323 | 156.364 |
| | | 30 | 0.290 | 0.531 | 0.893 | 1.521 | 2.891 | 5.129 | 8.281 | 15.878 | 27.455 | 41.626 | 85.881 | 148.673 |

(续)

| 制冷剂 | 饱和蒸发温度 (℃) | 吸气温度 (℃) | 铜管公称直径(mm) | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | | 12 | 15 | 18 | 22 | 28 | 35 | 42 | 54 | 67 | 79 | 105 | 130 |
| R22 | -40 | -35 | 0.182 | 0.334 | 0.561 | 0.956 | 1.817 | 3.223 | 5.203 | 9.977 | 17.258 | 26.155 | 53.963 | 93.419 |
| | | -25 | 0.173 | 0.317 | 0.532 | 0.907 | 1.723 | 3.057 | 4.939 | 9.464 | 16.371 | 24.811 | 51.189 | 86.617 |
| | | -15 | 0.168 | 0.307 | 0.516 | 0.880 | 1.672 | 2.967 | 4.791 | 9.185 | 15.888 | 24.080 | 49.681 | 86.006 |
| | -20 | -15 | 0.287 | 0.527 | 0.885 | 1.508 | 2.867 | 5.087 | 8.213 | 15.748 | 27.239 | 41.283 | 85.173 | 147.449 |
| | | -5 | 0.273 | 0.501 | 0.841 | 1.433 | 2.724 | 4.834 | 7.804 | 14.963 | 25.882 | 39.226 | 80.929 | 140.102 |
| | | 5 | 0.264 | 0.485 | 0.815 | 1.388 | 2.638 | 4.680 | 7.555 | 14.487 | 25.058 | 37.977 | 78.353 | 135.642 |
| | -5 | 0 | 0.389 | 0.713 | 1.198 | 2.041 | 3.879 | 6.883 | 11.112 | 21.306 | 36.854 | 55.856 | 115.240 | 199.499 |
| | | 10 | 0.369 | 0.676 | 1.136 | 1.935 | 3.678 | 6.526 | 10.535 | 20.200 | 34.940 | 52.954 | 109.254 | 189.136 |
| | | 20 | 0.354 | 0.650 | 1.092 | 1.861 | 3.537 | 6.275 | 10.131 | 19.425 | 33.600 | 50.924 | 105.065 | 181.884 |
| | 5 | 10 | 0.470 | 0.862 | 1.449 | 2.468 | 4.692 | 8.325 | 13.441 | 25.771 | 44.577 | 67.560 | 139.387 | 241.302 |
| | | 20 | 0.440 | 0.807 | 1.356 | 2.311 | 4.393 | 7.794 | 12.582 | 24.126 | 41.731 | 63.246 | 130.488 | 225.896 |
| | | 30 | 0.422 | 0.774 | 1.301 | 2.217 | 4.213 | 7.476 | 12.069 | 23.141 | 40.027 | 60.665 | 125.161 | 216.675 |
| R502 | -40 | -35 | 0.129 | 0.236 | 0.397 | 0.676 | 1.284 | 2.279 | 3.679 | 7.054 | 12.201 | 18.492 | 38.152 | 66.048 |
| | | -25 | 0.125 | 0.229 | 0.385 | 0.657 | 1.248 | 2.215 | 3.575 | 6.855 | 11.858 | 17.972 | 37.079 | 64.190 |
| | | -15 | 0.121 | 0.223 | 0.374 | 0.638 | 1.212 | 2.151 | 3.472 | 6.658 | 11.516 | 17.453 | 36.009 | 62.337 |

(续)

| 制冷剂 | 饱和蒸发温度 (℃) | 吸气温度 (℃) | 铜管公称直径(mm) | | | | | | | | | | | |
|------|---------------|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | | 12 | 15 | 18 | 22 | 28 | 35 | 42 | 54 | 67 | 79 | 105 | 130 |
| R502 | -20 | -15 | 0.210 | 0.385 | 0.647 | 1.102 | 2.096 | 3.718 | 6.003 | 11.510 | 19.909 | 30.173 | 62.253 | 107.769 |
| | | -5 | 0.204 | 0.374 | 0.628 | 1.070 | 2.033 | 3.607 | 5.823 | 11.166 | 19.314 | 29.272 | 60.392 | 104.549 |
| | | 5 | 0.198 | 0.363 | 0.611 | 1.041 | 1.978 | 3.510 | 5.666 | 10.865 | 18.793 | 28.482 | 58.763 | 101.728 |
| | -5 | 0 | 0.288 | 0.528 | 0.887 | 1.510 | 2.871 | 5.094 | 8.224 | 15.770 | 27.277 | 41.341 | 85.292 | 147.655 |
| | | 10 | 0.279 | 0.511 | 0.859 | 1.464 | 2.783 | 4.937 | 7.970 | 15.282 | 26.434 | 40.063 | 82.656 | 143.091 |
| | | 20 | 0.271 | 0.496 | 0.834 | 1.421 | 2.701 | 4.793 | 7.737 | 14.835 | 25.661 | 38.891 | 80.239 | 138.907 |
| | 5 | 10 | 0.347 | 0.637 | 1.071 | 1.824 | 3.467 | 6.151 | 9.931 | 19.041 | 32.936 | 49.917 | 102.986 | 178.286 |
| | | 20 | 0.336 | 0.617 | 1.036 | 1.765 | 3.356 | 5.954 | 9.613 | 18.431 | 31.881 | 48.318 | 99.688 | 172.577 |
| | | 30 | 0.326 | 0.598 | 1.005 | 1.713 | 3.256 | 5.777 | 9.326 | 17.882 | 30.932 | 46.880 | 96.721 | 167.439 |

注：表中负荷量以冷凝温度40℃为基准，对其他液体温度工况下负荷量，以下表换算系数乘表中负荷量。

| 制冷剂 | 液体温度(℃) | | | |
|------|---------|------|------|------|
| | 20 | 30 | 40 | 50 |
| R12 | 1.18 | 1.09 | 0.91 | 0.81 |
| R22 | 1.17 | 1.08 | 0.91 | 0.82 |
| R502 | 1.26 | 1.12 | 0.86 | 0.72 |

• 503 •

L ——根据管径算出的当量总长(m)。

L_s ——从图表中查出的当量总长(m)。

ΔP_s ——图表中采用的压力降(kPa)。

Δt_s ——图表中采用的饱和温度差($^{\circ}\text{C}$)，
回气管为 1°C 。

例：R22吸气管负荷60kW，管道系统有球形阀1只，管弯($R=d$)3只，直管20m长，蒸发温度 -30°C ，计算管径和饱和温度差。

解：假定两个管径，算出当量管长。

| 假定钢管管径(mm) | | | 80 | 90 |
|------------|-----|-----------|------|------|
| 阀和管径名称 | 数量 | 当量直径(L/d) | 当量管长 | |
| 球形阀 | 1只 | 340 | 27.2 | 30.6 |
| 管弯 | 3只 | 20 | 4.8 | 5.4 |
| 直管 | 20m | | 20 | 20 |
| 合 | | 计 | 52 | 56 |

从图7-2查得 $d=80\text{mm}$ ，吸气管负荷60kW，饱和温度差(制图标准)为 1°C 时，得当量管长

$L_s=50\text{m}$ 。管段中实有饱和温度差为：

$$\Delta t = 1 \times \frac{52}{50} = 1.04^{\circ}\text{C}$$

采用 $d=90\text{mm}$ 钢管管径，从图7-2查当吸气管负荷60kW，饱和温度差 1°C 时，得当量管长 $L'=95\text{m}$ ，因而：

$$\Delta t = 1 \times \frac{56}{95} = 0.59^{\circ}\text{C}$$

与 $d=80\text{mm}$ 比较， $d=90\text{mm}$ 管径中饱和温度差小一半左右， $d=80\text{mm}$ 钢管管段的温度差为 1.04°C 是允许的，考虑到管径选择的经济性，可采用 $d=80\text{mm}$ 钢管。

5. 管道系统的饱和蒸发温度差(即压力降)取决于设备能力，若制冷机制冷量有富裕时，可以不受图表中所规定饱和蒸发温度差 1°C 的约束。

例：前一例R22管道系统中若装有回热式热交换器，其压力降约 1.96kPa ，选适当的吸气管管径。

解：从表 7-2 查 R22 吸气管在 -30°C 时相当饱和蒸发温度差 1°C 的压力降为 6.92kPa ，因而回热式热交换器中的压力降相当于饱和温度差为：

$$\Delta t = 1 \times \frac{1.96}{6.92} = 0.28^{\circ}\text{C}$$

管道系统中允许饱和温度差 $\Delta t = 1.0 - 0.28 = 0.72^{\circ}\text{C}$ 从上一例题两个管径的计算结果比较可知，选用 $d = 90\text{mm}$ 钢管管径比较合适。

6. 有分支管时，应分别计算，各分支管按等压力降的原则处理。先假定当量长度为管道总长度 $\times (1.25-2.0)$ ，再根据假定的当量长度和负荷从图 7-1 或图 7-2 查出管径，并按最接近的国产钢管或铜管的内径选定。按选定的管径计算各管段的当量总长和饱和蒸发温度差。各分支管的总温差 $\Sigma \Delta t$ 应当接近相等并不大于 1°C 为合格。

例：R12 制冷系统，有三台蒸发器，吸气管路分布见图 7-9 R12 管路示意图。其中总管负荷 60

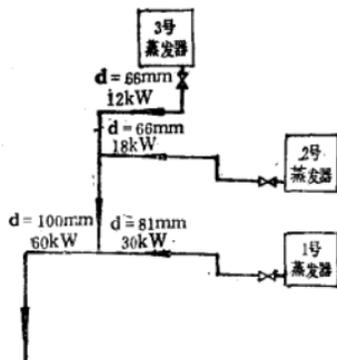


图 7-9 R12 管路示意图

60kW ，直管 10m ，管弯 1 只；第一路：负荷 30kW ，直管 15m ，管弯 2 只，球形阀 1 只，三通直流 1 只；第二、三路分管：负荷 30kW ，直管 5m ，三通侧流 1 只。

第三路：负荷12kW，直管20m，管弯2只，球形阀1只，三通直流1只；

蒸发温度 -30°C ，吸气管道中允许压力降相当于饱和蒸发温度差为 1°C 。选各分支管的管径，核算各支管段的饱和蒸发温度差。

解：(1)从图7-9看出，三个通路长度差不多，首先假定当量总长50m，从图7-1查出需要的管径。

总管：负荷60kW，钢管内径 $d=100\text{mm}$ ，采用 $d=100\text{mm}$ 。

第一路支管：负荷30kW，钢管内径 $d=77\text{mm}$ ，采用 $d=81\text{mm}$ 。

第二路支管：负荷18kW，钢管内径 $d=64\text{mm}$ ，采用 $d=66\text{mm}$ 。

第三路支管：负荷12kW，钢管内径 $d=54\text{mm}$ ，采用 $d=66\text{mm}$ 。

(2)从表4-18查得各个管件的当量直径，并算出当量管长如509页上表。

(3)按初步采用的管径，计算各管段当量总长(见509页下表)。

(4)按图7-1与公式7-2计算各个管段中饱和蒸发温度差(见511页表)。

计算表明，三个通路的饱和温度差基本上符合要求，这是因为三个通路的当量总长差距不大。2号蒸发器的通路饱和蒸发温度差超出了 0.049°C ，一般是允许的；如需调整，就要把第二支管的温差控制在 0.586°C 以内，该支管当量总长应控制在 $L=63 \times 0.586=36.92\text{m}$ ，比原来减少 3.02m 。如将直通球阀改为直角阀($L/d=170$)并加一个管弯，当量长可减少。 $[(340-170)+20] \times 0.066=9.9\text{m} > 3.02\text{m}$ 。

(二) 排气管

1. 排气管的压力降控制在相当于饱和冷凝温度差 0.5°C 为宜。当冷凝温度 40°C 时，该温差相当的压强降： R_{12} 为 11.93kPa ； R_{22} 为 19.37kPa ；

| 管和管件名称 | 当量直径 (L/d) | 当量管长Lm | | |
|--------|------------|--------------|-------------|-------------|
| | | d = 100 (mm) | d = 81 (mm) | d = 66 (mm) |
| 球形阀全开 | 340 | — | 27.54 | 22.44 |
| 管弯R=1d | 20 | 2 | 1.62 | 1.32 |
| 三通直流 | 20 | 2 | 1.62 | 1.32 |
| 三通侧流 | 60 | 6 | 4.86 | — |

| 管 段 | 总 管 | | 第一支管 | | 第二、三分管 | | 第二支管 | | 第三支管 | |
|-----------|-----|------|------|-------|--------|------|------|-------|------|-------|
| 管径mm | 100 | | 81 | | 81 | | 66 | | 66 | |
| | 数量 | L | 数量 | L | 数量 | L | 数量 | L | 数量 | L |
| 管 弯 | 1 | 2.0 | 2 | 3.24 | | | 2 | 2.64 | 2 | 2.64 |
| 球形阀全开 | | | 1 | 27.54 | | | 1 | 22.44 | 1 | 22.44 |
| 三通直流 | | | 1 | 2.0 | | | | | 1 | 1.62 |
| 三通侧流 | | | | | 1 | 6.0 | 1 | 4.86 | | |
| 直 管 | | 10.0 | | 15.0 | | 5.0 | | 10.0 | | 20.00 |
| 当量总长L (m) | | 12.0 | | 47.78 | | 11.0 | | 39.94 | | 46.70 |
| 第二、三分管 | | | | | | | | 11.00 | | 11.00 |
| 总 管 | | | | 12.0 | | | | 12.00 | | 12.00 |
| 全长ΣL (m) | | | | 59.78 | | | | 62.94 | | 69.70 |

| 管 段 | 总 管 | 第一支管 | 第二、三分管 | 第二支管 | 第三支管 |
|------------------------------|------|-------|--------|-------|-------|
| 负荷 (kW) | 60 | 30 | 30 | 18 | 12 |
| 管径 (mm) | 100 | 81 | 81 | 66 | 66 |
| 温差 1℃ 的管长 L' (m) | 50 | 63 | 63 | 63 | 125 |
| 实有总长 L (m) | 12.0 | 47.78 | 11.0 | 39.94 | 46.70 |
| 饱和温度差 (℃) | 0.24 | 0.76 | 0.175 | 0.634 | 0.374 |
| 分管饱和温度差 (℃) | | | | 0.175 | 0.175 |
| 总管饱和温度差 (℃) | | 0.24 | | 0.24 | 0.24 |
| 通路总温度差 $\Sigma \Delta t$ (℃) | | 1.00 | | 1.049 | 0.789 |

R502为19.61kPa。R12、R22在饱和冷凝温度差0.5℃，冷凝温度40℃时排气管的负荷可见图7—10和图7—11，该两图在冷凝温度35—45℃之间可近似通用。其他工况R12、R22、R502排气管负荷见表7—4、7—5、7—6、7—7。

2. 上升的排气立管也要考虑必要的带油速度，R12和R22上升排气立管最低回油速度见图7—3。

R12、R22、R502上升排气立管最小（带油）负荷见表7—9。排气管的计算，可参照回气管道计算方法进行。

(三) 液 体 管

1. 从冷凝器到贮液器的出液管其流速不应大

氟利昂上升排气立管最小(带油)负荷(kW)

表 7-9

| 制冷剂 | 冷凝 温度 (℃) | 排气 温度 (℃) | 铜管公称直径(mm) | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------------|-----------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | | 12 | 15 | 18 | 22 | 28 | 35 | 42 | 54 | 67 | 79 | 105 | 130 |
| R12 | 20 | 60 | 0.384 | 0.704 | 1.183 | 2.016 | 3.833 | 6.800 | 10.978 | 21.049 | 34.409 | 55.181 | 113.846 | 197.087 |
| | | 70 | 0.374 | 0.686 | 1.153 | 1.965 | 3.735 | 6.627 | 10.698 | 20.513 | 35.481 | 53.775 | 110.947 | 192.067 |
| | | 60 | 0.365 | 0.670 | 1.126 | 1.917 | 3.645 | 6.467 | 10.441 | 20.019 | 34.627 | 52.481 | 108.276 | 187.443 |
| | 30 | 70 | 0.405 | 0.743 | 1.248 | 2.126 | 4.042 | 7.171 | 11.577 | 22.158 | 38.397 | 58.194 | 120.064 | 207.851 |
| | | 80 | 0.394 | 0.723 | 1.214 | 2.069 | 3.933 | 6.978 | 11.265 | 21.600 | 37.363 | 56.626 | 116.829 | 202.251 |
| | | 90 | 0.385 | 0.705 | 1.185 | 2.019 | 3.838 | 6.810 | 10.993 | 21.079 | 36.461 | 55.259 | 114.009 | 197.369 |
| | 40 | 80 | 0.419 | 0.769 | 1.293 | 2.202 | 4.186 | 7.427 | 11.990 | 22.990 | 39.766 | 60.269 | 124.344 | 215.260 |
| | | 90 | 0.408 | 0.748 | 1.257 | 2.142 | 4.072 | 7.225 | 11.664 | 22.364 | 38.683 | 58.628 | 120.959 | 209.400 |
| | | 100 | 0.397 | 0.728 | 1.223 | 2.084 | 3.961 | 7.027 | 11.345 | 21.752 | 37.625 | 57.025 | 117.651 | 203.674 |
| | 50 | 90 | 0.426 | 0.781 | 1.312 | 2.235 | 4.248 | 7.538 | 12.169 | 23.333 | 40.360 | 61.169 | 125.201 | 218.474 |
| | | 100 | 0.412 | 0.756 | 1.270 | 2.163 | 4.112 | 7.296 | 11.779 | 22.585 | 39.065 | 59.207 | 112.153 | 211.467 |
| | | 110 | 0.402 | 0.737 | 1.238 | 2.109 | 4.009 | 7.113 | 11.484 | 22.019 | 38.987 | 57.725 | 109.095 | 206.174 |
| R22 | 20 | 60 | 0.563 | 1.032 | 1.735 | 2.956 | 5.619 | 9.969 | 16.094 | 30.859 | 53.377 | 80.897 | 176.994 | 288.938 |
| | | 70 | 0.549 | 1.006 | 1.691 | 2.881 | 5.477 | 9.717 | 15.687 | 30.078 | 52.027 | 78.851 | 162.682 | 281.630 |
| | | 80 | 0.535 | 0.982 | 1.650 | 2.811 | 5.343 | 9.480 | 15.305 | 29.346 | 50.761 | 76.933 | 158.726 | 274.780 |

(续)

| 制冷剂 | 冷凝 温度 (℃) | 排气 温度 (℃) | 铜管公称直径(mm) | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|-----------------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | | 12 | 15 | 18 | 22 | 28 | 35 | 42 | 54 | 67 | 79 | 105 | 130 |
| R22 | 30 | 70 | 0.596 | 1.092 | 1.836 | 3.127 | 5.945 | 10.547 | 17.028 | 32.649 | 56.474 | 85.591 | 176.588 | 305.702 |
| | | 80 | 0.579 | 1.062 | 1.785 | 3.040 | 5.779 | 10.254 | 16.554 | 31.740 | 54.901 | 83.208 | 171.671 | 297.190 |
| | | 90 | 0.565 | 1.035 | 1.740 | 2.964 | 5.635 | 9.998 | 16.140 | 30.948 | 53.531 | 81.131 | 167.386 | 289.773 |
| | 40 | 80 | 0.618 | 1.132 | 1.903 | 3.242 | 6.163 | 10.934 | 17.653 | 33.847 | 58.546 | 88.732 | 183.069 | 316.922 |
| | | 90 | 0.601 | 1.103 | 1.853 | 3.157 | 6.001 | 10.647 | 17.189 | 32.959 | 57.009 | 86.403 | 178.263 | 308.603 |
| | | 100 | 0.584 | 1.071 | 1.800 | 3.067 | 5.830 | 10.343 | 16.698 | 32.018 | 55.382 | 83.936 | 173.173 | 299.791 |
| | 50 | 90 | 0.630 | 1.156 | 1.943 | 3.310 | 6.291 | 11.162 | 18.020 | 34.552 | 59.766 | 90.580 | 186.882 | 323.523 |
| | | 100 | 0.611 | 1.121 | 1.884 | 3.209 | 6.100 | 10.823 | 17.473 | 33.503 | 57.951 | 87.831 | 181.209 | 313.702 |
| | | 110 | 0.595 | 1.092 | 1.834 | 3.125 | 5.941 | 10.540 | 17.016 | 32.627 | 56.435 | 85.532 | 176.467 | 305.493 |
| R502 | 20 | 60 | 0.453 | 0.831 | 1.397 | 2.380 | 4.524 | 8.027 | 12.959 | 24.848 | 42.980 | 65.141 | 134.396 | 232.661 |
| | | 70 | 0.440 | 0.807 | 1.357 | 2.311 | 4.393 | 7.795 | 12.585 | 24.130 | 41.737 | 63.257 | 130.509 | 225.933 |
| | | 80 | 0.429 | 0.788 | 1.324 | 2.255 | 4.286 | 7.605 | 12.278 | 23.542 | 40.720 | 61.715 | 127.329 | 220.427 |
| | 30 | 70 | 0.459 | 0.841 | 1.414 | 2.409 | 4.580 | 8.125 | 13.118 | 25.152 | 43.506 | 65.937 | 136.038 | 235.504 |
| | | 80 | 0.446 | 0.818 | 1.375 | 2.343 | 4.454 | 7.902 | 12.757 | 24.461 | 42.311 | 64.126 | 132.302 | 229.036 |
| | | 90 | 0.435 | 0.798 | 1.341 | 2.285 | 4.343 | 7.706 | 12.441 | 23.854 | 41.260 | 62.534 | 129.017 | 233.350 |

(续)

| 制冷剂 | 冷凝 温度 (℃) | 排气 温度 (℃) | 钢管公称直径(mm) | | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|-----------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | | 12 | 15 | 18 | 22 | 28 | 35 | 42 | 54 | 67 | 79 | 105 | 130 |
| R502 | 40 | 80 | 0.451 | 0.827 | 1.389 | 2.367 | 4.499 | 7.983 | 12.888 | 24.711 | 42.743 | 64.780 | 133.652 | 231.374 |
| | | 90 | 0.439 | 0.804 | 1.352 | 2.303 | 4.378 | 7.767 | 12.540 | 24.044 | 41.589 | 63.031 | 130.044 | 225.127 |
| | | 100 | 0.427 | 0.783 | 1.316 | 2.241 | 4.260 | 7.559 | 12.233 | 23.398 | 40.472 | 61.340 | 126.554 | 219.085 |
| | 50 | 90 | 0.432 | 0.791 | 1.330 | 2.266 | 4.307 | 7.641 | 12.336 | 23.652 | 40.912 | 62.006 | 127.927 | 221.463 |
| | | 100 | 0.418 | 0.767 | 1.289 | 2.196 | 4.174 | 7.406 | 11.956 | 22.925 | 39.654 | 60.100 | 123.996 | 214.657 |
| | | 110 | 0.406 | 0.745 | 1.253 | 2.134 | 4.056 | 7.197 | 11.619 | 22.279 | 38.536 | 58.404 | 120.498 | 208.602 |

注：表中负荷量以饱和蒸发温度 - 5℃ 为基准，对其他温度工况下负荷量，以下表换算系数乘表中负荷量。

| 制 冷 剂 | 饱 和 吸 气 温 度 (℃) | | | | |
|-------|-----------------|------|------|------|------|
| | - 50 | - 40 | - 30 | - 20 | + 5 |
| R12 | 0.82 | 0.86 | 0.90 | 0.94 | 1.04 |
| R22 | 0.87 | 0.90 | 0.93 | 0.96 | 1.02 |
| R502 | 0.77 | 0.83 | 0.88 | 0.93 | 1.04 |

于0.5m/s, R12、R22、R502出液管流速0.5m/s时其液体管负荷量见表7-4、7-5、7-6。也可查图7-12, 该图中直线按液温40℃和蒸发温度-20℃计算, 其他温度可近似通用。当冷凝器与贮液器之间装有气体均压管时(均压管尺寸见表7-10), 流速可以提高, 但不宜超过0.75m/s。

均压管尺寸 表7-10

| 均压管内径 (mm) | | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 最大负荷 (kW) | R12 | 123 | 243 | 424 | 695 | 965 | 1583 |
| | R22 | 173 | 313 | 514 | 888 | 1235 | 2047 |

2. 从贮液器到热力膨胀阀进口的高压液体管, 压力降控制在相当于饱和冷凝温度差0.5℃为宜。R12和R22液体管在冷凝温度40℃, 饱和冷凝温度差0.5℃时其液体管负荷量见图7-10、7-11。其他工况R12、R22、R502液体管负荷量见表7-

4、7-5、7-6。

例: 已知R22制冷系统高压液体管负荷为50kW时, 蒸发温度-30℃, 冷凝温度40℃, 管道当量总长100m, 计算高压液体管钢管内径。

解: (1) 用查表法查表7-5, 当冷凝温度40℃, 管道当量总长100m, $\Delta t_s = 2^\circ\text{C}$, 钢管Dg25时, $Q_s = 118.22\text{ kW}$ 。换算成 $\Delta t = 0.5^\circ\text{C}$ 的工况负荷

$$Q = Q_s \cdot \left(\frac{L}{L_s} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta t_s} \right)^{0.55} Q = 118.22 \left(\frac{100}{100} \cdot \frac{0.5}{2} \right)^{0.55} = 118.22 \times 0.4665 = 55.15\text{ kW}。 \quad \text{即}$$

选钢管Dg25可满足需要。

(2) 用查图法查图7-11, 从高压液管负荷的横坐标A点(50kW)处垂直向上, 交于当量总长100m转折线B点, 再水平向左与蒸发温度-30℃准线交于C点, 然后垂直向上与左侧钢管内径横座标交于D点, 读出需用高压液体钢管内径为25mm。

当蒸发器高于贮液器时，两者之间的液位差引起压力降可能很大，不能用放大供液管径的方法来解决，只有加强过冷度以防闪发气体产生。高压液管

中阻力一般是不太大的，关键在于液位差。每米液位差所形成的压差和相应的饱和温差见表7—11。

例：已知R12制冷系统，冷凝温度40℃，高压

氟利昂每米液柱压差

表7—11

| 参 数 \ 制 冷 剂 | R12 | | | | | R22 | | |
|-------------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 40 | 35 | 30 |
| 冷凝温度(℃) | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 40 | 35 | 30 |
| 冷凝压力(MPa) | 1.2167 | 1.0827 | 0.95944 | 0.84721 | 0.74457 | 1.5340 | 1.35545 | 1.1921 |
| 每米液柱压差(kPa) | 11.90 | 12.10 | 12.30 | 12.49 | 12.68 | 11.10 | 11.32 | 11.53 |
| 相应饱和温度差(℃) | 0.44 | 0.47 | 0.53 | 0.59 | 0.67 | 0.29 | 0.33 | 0.37 |

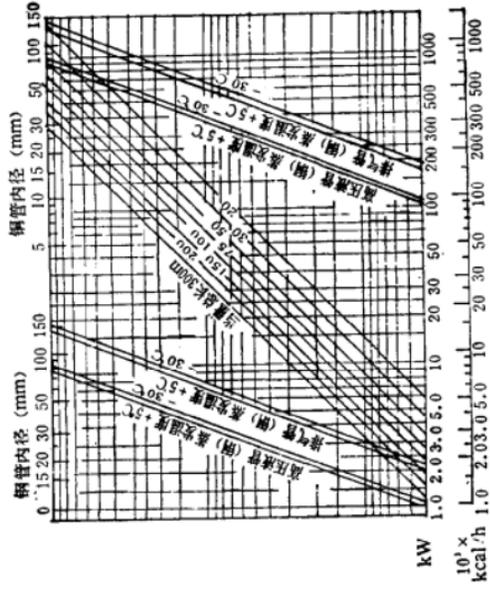


图7—10 R12排气管与高压液管负荷图

饱和冷凝温度差0.5℃; 冷凝温度40℃

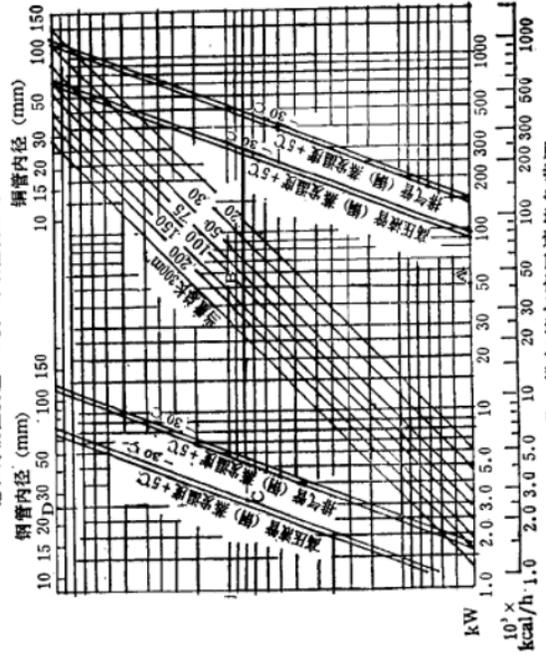


图7—11 R22排气管与高压液管负荷图

饱和冷凝温度差0.5℃; 冷凝温度40℃

液管流动阻力为11.50kPa，若液管需升高6m才能接到蒸发器热力膨胀阀进口，计算防止产生闪发气体所需最小过冷度。

解：从表7—11中查得，当冷凝温度40℃时，R12液管每升高1米的液柱压差为12.30kPa。当液管需升高6m时，其液柱压差为 $6 \times 12.30 = 73.80$ kPa，故该管段阻力损失总计为 $11.50 + 73.80 = 85.30$ kPa。查表7—11，当冷凝压力40℃，R12冷凝压力960kPa，在蒸发器热力膨胀阀进口处压力为 $960 - 85.3 = 874.7$ kPa，近似饱和冷凝温度为36.13℃。故防止产生闪发气体所需最小过冷度为 $40 - 36.13 = 3.87$ ℃。

一般情况下，高压液管过冷度可以通过系统中回热式热交换器来实现。如果一台回热式热交换器达不到过冷度要求时，可采用两台串联或在一台回热式热交换器前并联一台直接蒸发式热交换器，见图7—13。

对大型氟利昂制冷系统，可采用氟泵供液来克

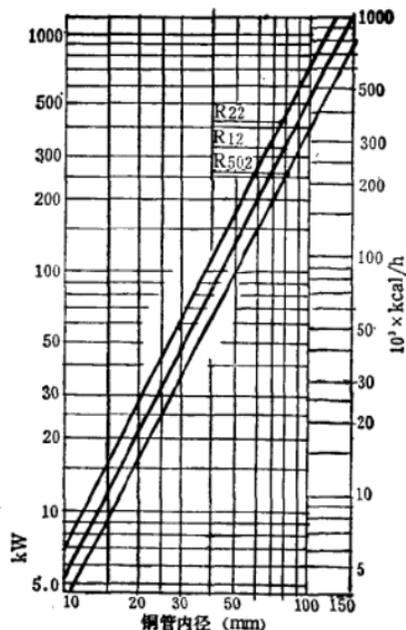


图7—12 冷凝器至贮液器出液管负荷图

服液管中较大的阻力损失及液位差的影响。

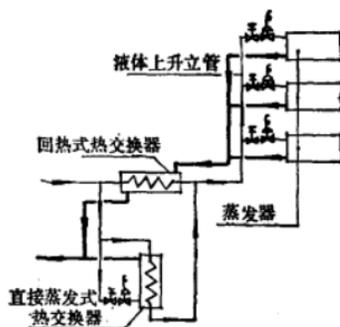


图 7—13 回热式与直接蒸发式热交换器并联图

3. 从热力膨胀阀出来的低压液体管中不可避免地带有大量的闪发气体，属于两相流动，阻力比纯液体大得多，这就是热力膨胀阀的出口往往大于进

口的缘故。由于热力膨胀阀是根据蒸发器负荷量选用，出液管的管径可由阀的出口管径确定。该管段的阻力可按高压液管（无闪发气体）的阻力乘以表 7—12 中的倍数。

4. 蒸发排管每通路允许长度取决于允许压力降，R12 宜控制在饱和蒸发温度差 2°C 以内，R22 宜控制在饱和蒸发温度差 1°C 以内。排管每通路允许长度（包括弯头局部阻力在内）或允许负荷见图 7—14 和图 7—16。该图表是按 $t_L = 30^{\circ}\text{C}$ ， $t_z = -20^{\circ}\text{C}$ ，饱和蒸发温度差 2°C 和 1°C 制成的。其他蒸发温度和过冷液温调整系数见图 7—15 和图 7—17。

例：R12 蒸发盘管内径 20mm ，蒸发温度 -20°C ，膨胀阀前过冷液温 30°C ，蒸发盘管负荷 1.8kW ，和盘管共需总长 100m ，应采用几个通路供液？

解：从图 7—14 查得，当每通路负荷 1.8kW 和铜管内径 20mm 时，每通路允许总长为 60m ，故盘管总长 100m 不能用一个通路。

低压液管压力降相当于高压液管压力降的倍数

表 7—12

| 膨胀阀前液温(℃) | | 3) | | | | | 40 | | | | |
|-----------|-----|----|------|------|------|------|----|------|------|-----|-----|
| 蒸发温度(℃) | | 10 | 0 | -10 | -20 | -30 | 10 | 0 | -10 | -20 | -30 |
| 压力降倍数 | R12 | 14 | 21.5 | 33.5 | 52 | 76.5 | 19 | 29 | 43 | 61 | 93 |
| | R22 | 12 | 18.5 | 28.5 | 43.5 | 64 | 17 | 24.5 | 35.5 | 51 | 77 |

分为两个通路，每个通路总长减少到50m，每通路负荷减少到 $1.8/2 = 0.9\text{kW}$ 。从图7—14查得每通路允许当量总长为 $200\text{m} > 100\text{m}$ 。应采用两个通路。

压力降近似地与当量总长成正比。分两通路后，盘管中压力降等于相应的饱和蒸发温度差约为：

$$2\text{℃} \times \frac{50}{200} = 0.5\text{℃}$$

例：R22蒸发盘管内径18mm，蒸发温度 -30℃ ，膨胀阀前过冷液温 30℃ ，盘管负荷2.33

kW，当量总长共150m，应采用几个通路供液？

解：从图7—16查得，当每通路负荷2.33kW和盘管内径18mm时，每通路允许总长为37m。从图7—16查得，在蒸发温度 -30℃ ，膨胀阀前过冷液温 30℃ 时，允许长度调整系数为0.49。一个通路允许总长为 $37\text{m} \times 0.49 = 18.1\text{m} < 150\text{m}$ ，应选用多通路。

试用两个通路，每个通路盘管负荷 $2.33\text{kW}/2 = 1.165\text{kW}$ ，每通路总长 $150\text{m}/2 = 75\text{m}$ ，其他条件不变。从图7—16查得，当每通路盘管负荷1.165kW，每通路允许总长为128m。调整系数仍为

0.49, 故改用两个通路后, 每通路允许总长为 $128\text{m} \times 0.49 = 63.6\text{m}$ 。但每通路的实有总长为 $150\text{m} / 2 = 75\text{m}$, 仍大于允许总长。

再改用三个通路, 每通路盘管负荷 $2.33\text{kW} / 3 = 0.777\text{kW}$, 每通路当量总长 $150\text{m} / 3 = 50\text{m}$ 。从图 7—16 查得, 当每通路负荷 0.777kW , 每通路允许总长为 255m 。调整系数仍为 0.49 。改用三个通

路后, 每通路允许总长为 $255\text{m} \times 0.49 = 125\text{m}$, 大于 50m 。因此, 采用三个通路较好。

5. 采用外平衡热力膨胀阀供液时, 蒸发排管总长可以超过图 7—14 和图 7—16 的允许限度, 但压力降的相应饱和蒸发温度差, 不要超过蒸发排管设计温差的 $1/3$ 。

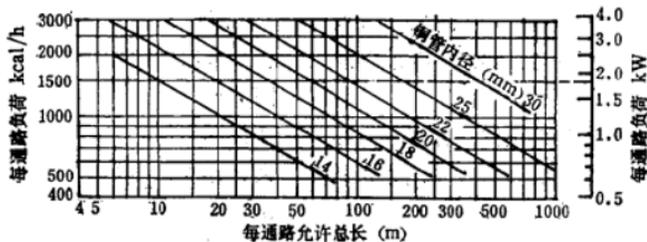


图 7—14 R12 蒸发盘管允许串联长度图

蒸发温度 -20°C ; 膨胀阀前液温 30°C ; 允许压力降相应于饱和蒸发温度差 2°C

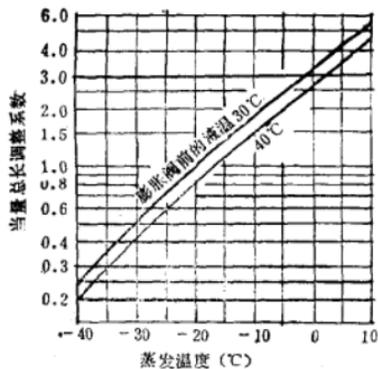


图 7—15 R12蒸发盘管允许长度调整系数图

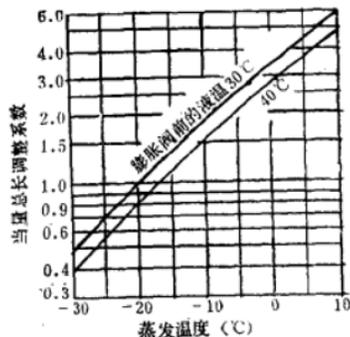


图 7—17 R22蒸发盘管允许长度调整系数

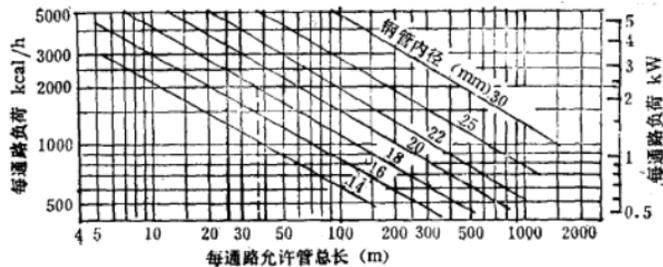


图 7—16 R22蒸发盘管允许串联长度图

蒸发温度 -20°C ；膨胀阀前的液温 30°C ；允许压力降相应于饱和蒸发温差 1°C

二、氟利昂系统管道设计

(一) 氟利昂制冷系统与氨制冷系统的不同点

1. 氟利昂制冷剂与润滑油能够互相溶解，R12是无限混和，R22是有限混和。
2. 氟利昂制冷剂密度大。
3. 氟利昂制冷剂几乎不溶于水。

(二) 氟利昂管道设计要求

1. 必须保证从每台压缩机带出的润滑油经过冷凝器、蒸发器之后仍全部回到该台压缩机曲轴箱。一般宜用独立机组系统。若采用多台压缩机并联运行，务必采取使润滑油均匀回到每台压缩机去的措施（如设计共同的气液分离器，并在该容器中

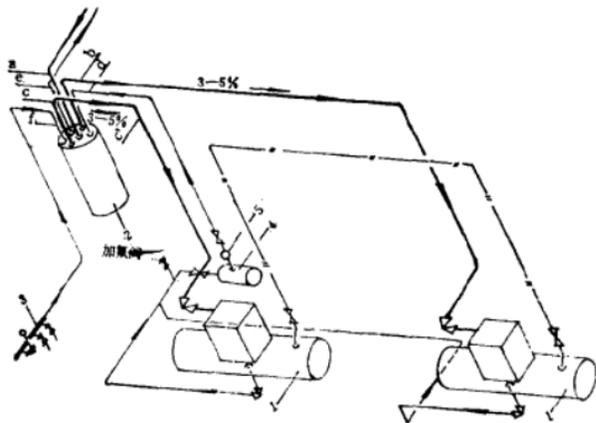


图 7-18 两台氟压缩冷凝机组并联示意图

1. 氟压缩冷凝机组 2. 氟用气液分离器（兼回热式热交换器）
3. 加氟站 4. 干燥过滤器 5. 水份指示器

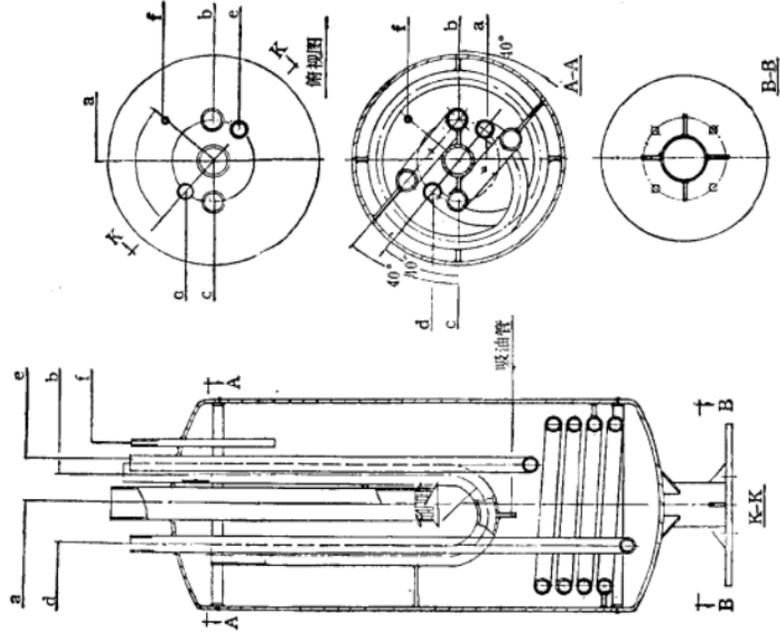


图 7-19 两台氟压缩冷机组共用一台气液分离器
(兼回热式热交换器)结构示意图

对每台压缩机设置单独的吸气管，该吸气立管按上升回气立管最小负荷设计，呈U型弯管，其底部装有吸油管(见图7—18，图7—19)。

2.管道流动阻力损失大，易走短路。故应严格按照各种管道的要求进行设计，保证各蒸发器得到均匀充分的供液。

3.防止系统进入水份，压缩机、设备的密封及管件与阀门的密封需采用适用各氟利昂制冷剂专用的密封件。制冷系统高压液管必须设置干燥过滤器和氟利昂水份指示器。

其他设计要求与氨系统基本上相似。

(三) 吸 气 管

1. 设计原则

(1) 满负荷时压力降不超过允许的限度。

(2) 最小负荷时能使润滑油从蒸发器返回到压缩机。

(3) 防止压缩机产生液击或油击。

(4) 在多组蒸发器并联系统中，应防止润滑油可能从某一组窜到另一组。

2. 设计要求

(1) 压缩机吸入管应有大于或等于0.02的坡度，必须坡向压缩机。

(2) 在两组或多组蒸发器位于不同标高并联工作，压缩机位于同一标高或在上部，且各组蒸发器之间负荷波动较大(例如其中一组或几组可能关闭)时，采用图7—20设置上升双吸气立管，以达到阻力平衡。

(3) 在多组蒸发器位于同一标高并联工作，压缩机位于其下部或同一标高，且各蒸发器的负荷波动较大，采用图8—21设置上升双吸气立管，以达到阻力平衡及防止停机后蒸发器内制冷剂与润滑油沉积机头造成液击。

(4) 在多组蒸发器位于同一标高并联工作，且各蒸发器负荷大小不一，波动较大，每组蒸发器

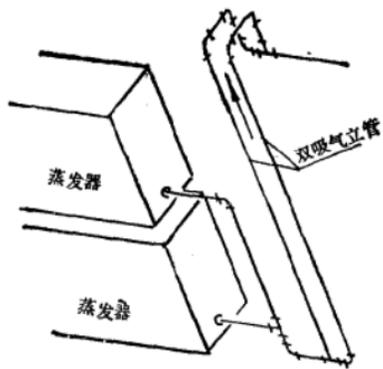


图 7—20 两组或多组蒸发器位于不同标高并联工作，压缩机位于同一标高或在上部，各组蒸发器负荷波动较大，设置上升双吸气立管图

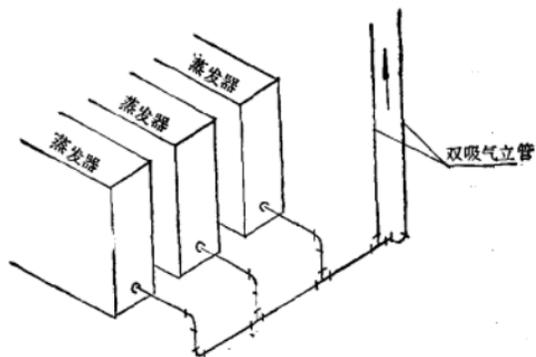


图 7—21 多组蒸发器位于同一标高并联工作，压缩机位于下部或同一标高，各蒸发器负荷波动较大设置上升双吸气立管图

分别作存油弯和上升立管，其管径均按蒸发器的最小负荷选用，存油弯尽量做小，上升立管高度略高于蒸发器，再从顶部与共用水平管相接。见图7—22但各组蒸发器上升吸气立管尽量做到阻力相同，否则不易实现并联通路的阻力平衡。

(5) 压缩机高于蒸发器，若上升吸气立管高度大于10m，宜按其高度每隔10m以内均匀地设置一个存油弯，以利于回油。见图7—23。

(6) 在蒸发器负荷波动较大（指满负荷与最小负荷相差较大），特别采用设有多级能量调节压缩机，上升吸气立管宜用双吸气立管见图7—24，图7—25。靠近蒸发器近的小立管A的管径 d_A 按蒸发器最小负荷下的最低带油速度决定，存油弯上的大立管B的内径 d_B 应按满负荷运行时最小带油速度选择管径 d ，将管径 d 的流通截面减去立管A的流通截面，便可近似求得立管B的管径 d'_B ，即 $d'_B = \sqrt{d^2 - d_A^2}$ ，根据计算求得的管径 d'_B ，选用实际管径 d_B ，但不要相差太大。对内径超过50mm或



图7—22 多组蒸发器位于同一标高并联工作，各蒸发器负荷大小不一，波动较大吸气管接管图

更大的立管B，其存油弯积油量较大，压缩机上载时易发生液击危险，或蒸发器融霜时制冷剂冷凝液

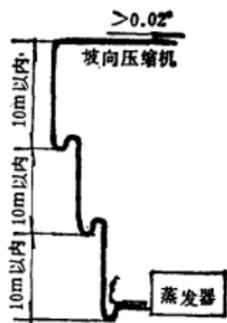


图 7—23 蒸发器上升吸气管大于10m接管图

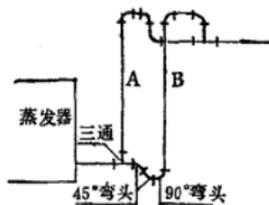


图 7—24 上升双吸立管接管图

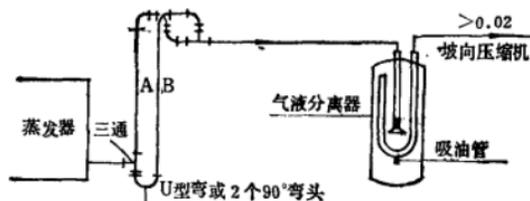


图 7—25 具有能量调节压缩机上升双吸立管（存油弯大于50mm）及气液分离器接管图

可能回到压缩机，造成液击，该两种情况时宜在压缩机前设气液分离器。

（四）排气管

1. 设计原则

- （1）根据允许压力降选用管径。
- （2）防止部分负荷工作时的积油现象。
- （3）当压缩机停机时，或在需要较长的室外管、

段且周围环境温度较低时，能防止制冷剂和油从排气管道中流回到压缩机气缸。

(4) 在多台压缩机并联系统，要仔细选择各台压缩机排气支管与共用总管连接。

(5) 能避免在排气脉动、压缩机振动的情况下产生过分的噪音或振动。

2. 设计要求

(1) 有能量控制的多台压缩机并联工作，按照最小负荷选用上升排气立管，在最大负荷时就会产生过大的压力降，此时可设置上升双排立管接管图见图 7—26。其工作原理和管径选择可参见双吸立管。

(2) 有能量控制并设置止回阀和油分离器（带自动回油）多台压缩机并联工作，其接管见图 7—27。

(3) 当冷凝器位于压缩机上部，排气管在上升至冷凝器前都应弯到压缩机附近的地面（如冷凝器靠压缩机很近，则在压缩机处不需要这段弯管），

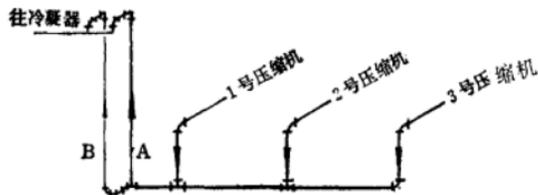


图 7—26 上升双排立管接管图

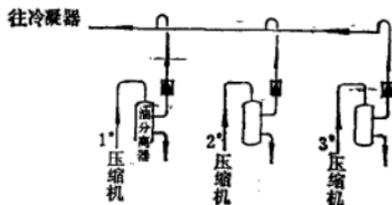


图 7—27 带油分离器的多台压缩机排气管接管图
尤其当上升排气管段较长时更应这样做，以免停机时管道中冷凝液和润滑油返回压缩机机头。当冷凝

器和贮液器所处的环境温度可能高于压缩机时，在紧靠压缩机的排气管道要装止回阀，该止回阀可防止冷凝器或贮液器中汽化制冷剂产生的冷凝液返回压缩机机头。接管图见图 7—28。对装有水冷式油

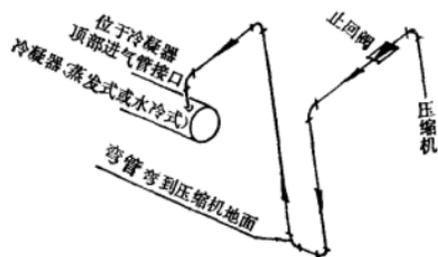


图 7—28 排气管道弯管及上升立管图

冷却器的压缩机，应在水管上安装水电磁阀，以便运行期间保持足够的水冷却和停机时切断水流以防

止制冷剂局部冷凝。

目前国产小型氟利昂压缩机均为压缩冷凝机组，制造厂已将压缩机、油分离器、卧式冷凝器等组装成机组，中型氟利昂压缩机均自带油分离器，故排气管设计比较简单，基本上能满足上述要求。

(五) 高压供液管

高压供液管系指冷凝器到贮液器及节流阀之间的液体管段。在该管段氟利昂制冷剂均能与润滑油充分混和，不存在带油困难。

1. 设计原则

- (1) 根据允许压力降选择管径。
- (2) 防止液管中产生闪发气体。

2. 设计要求

(1) 卧式冷凝器与直通式贮液器接管见图 7—29。卧式冷凝器液出口到贮液器的最低水平管（装有直角阀者）高度不小于 203mm，其水平管段应

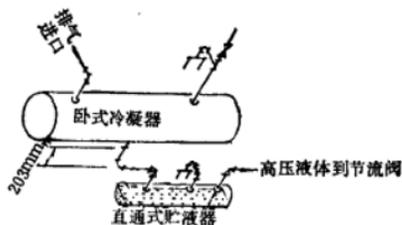


图 7—29 卧式冷凝器与直通式贮液器接管图

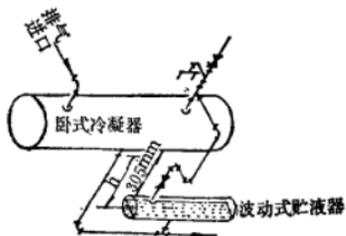


图 7—30 卧式冷凝器与波动式贮液器接管图

有不小于0.02的坡度，并坡向贮液器。液体管内流速在满负荷时应不超过 0.5m/s ，此时可不装气体均压管。若超过 0.5m/s ，应从冷凝器和贮液器顶部引出气体均压管。

(2) 卧式冷凝器与波动式贮液器接管见图 7—30，该接管法的优点是：整个贮液器的容积都可以用来贮存冷凝下来的液体。另外，从冷凝器流向节流阀的液体也不会暴露在贮液器的气体中，可保持液体的过冷。采用这种波动式贮液器接管方式时，其冷凝器出液口到贮液器液面高度 h ，必须足以使该液位差至少等于贮液器周围环境温度高于冷凝温度且达到其最大值时，通过冷凝器、液体管和气体均压管的压力损失之和。其值见表 7—12。

当贮液器周围环境温度高于冷凝温度时，通过均压管将气体从贮液器排放到冷凝器，而贮液器周围环境温度低于冷凝温度时，均压管则将气体从冷凝器送到贮液器。气体均压管的流向无论往哪个方向，其管内流速都取决于冷凝温度与贮液器周围环

卧式冷凝器出口到波动式贮液器液面高度

表 7—12

| 液体管中最大流速 (m/s) | 冷凝器与贮液器之间阀门种类 | 所需h值 (m) |
|----------------|---------------|----------|
| 0.75 | 无 | 0.35 |
| 0.75 | 角形阀 | 0.40 |
| 0.75 | 球形阀 | 0.70 |
| 0.50 | 角形或球形阀 | 0.35 |

境温度之间的温差以及贮液器表面大小。根据这个流速和允许压力损失值可以算出所需均压管尺寸。其管径可参考表 7—13，该表列出的均压管尺寸，

气体均压管尺寸

表 7—13

| 均压管公称直径 (mm) | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| R12最大负荷(kW) | 123 | 246 | 422 | 703 | 985 | 1618 |
| R22最大负荷(kW) | 176 | 317 | 528 | 914 | 1266 | 2075 |

对任何实用系统都是足够大的。

(3) 多台并联的卧式冷凝器与直通式贮液器接管见图 7—31。

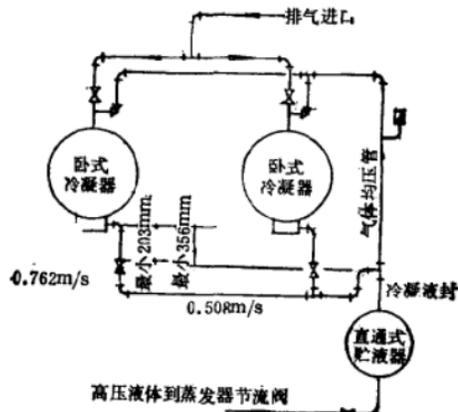


图 7—31 多台并联卧式冷凝器与直通式贮液器接管图

(4) 多台并联的卧式冷凝器与波动式贮液器接管见图 7—32。

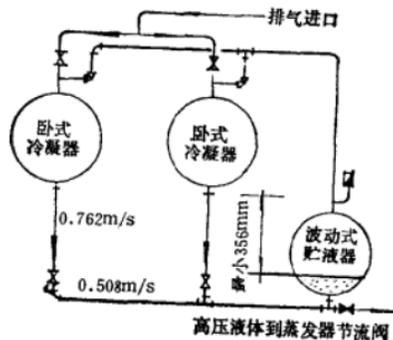


图 7—32 多台并联卧式冷凝器与波动式贮液器接管图

图 7—31 及图 7—32 接管要求到各冷凝器的进气和出液管路压力损失尽量相同，如果通过左边一台冷凝器的管路压力损失比通过右边一台冷凝器的管路压力损失值大 14kPa ，则左边的液位将会比右边高 1.2m 左右。如果液体管道的垂直高度低于这

个液位差，则液体将会在冷凝器内升高，到与压力损失差值平衡为止。一般卧式冷凝器的压力损失较小，按图 7—31、图 7—32 这种对称并联接法，每台冷凝器出液管以最大流速不高于 0.762m/s 计算管径，并联后液体总管以最大流速不超过 0.508m/s 计算管径。液体管设置液封是为了防止冷凝器之间的气体串通。每台冷凝器出液管内至少有 356mm 液位差来调整在运行期间冷凝器之间出现的压差。为了抵消冷凝器可能出现的最大压力损失，确保冷凝器向直通式贮液器自流排液，各台冷凝器出液管内液位差应比上述计算值 356mm 大 $150—300\text{mm}$ 。

多台并联的卧式冷凝器最好共用一个自动水阀。如果每台冷凝器都单独装一个水阀，要调整得相同是很难的。

(5) 两(多)台并联的蒸发式冷凝器与波动式贮液器接管见图 7—33。蒸发式(或空气冷却式)冷凝器压力损失是很大的，如果并联的蒸发式冷凝器规格相同并同时都在工作，它们之间的压力

差是很小的，只要冷凝器出液口与缓冲式贮液器液面液位差值 $H > 0.6 - 0.9\text{m}$ 就够了。如果一台冷凝器的风机工作，另一台冷凝器的风机不工作，工作的冷凝器出液口与贮液器液面的液位差值必须能平衡不工作冷凝器的压力损失。

当冷凝器出液口与贮液器液面（或液体总管汇合处）液位高差值是足够时，贮液器气体均压管可向冷凝器进气管排气。在这种情况下应采用波动式贮液器。当空气温度高于冷凝温度时，其液位差值至少等于通过任意一台冷凝器出液管的最大压力损失与气体均压管的最大压力损失之和。这时的液位差值 $H = 1.8 - 2.0\text{m}$ 。

（6）冷凝器或贮液器到蒸发器节流阀前的液体管，应通过回热式热交换器，使液体制冷剂在进入节流阀前能获得一定的过冷度，以减少供液时产生闪发气体。当蒸发器位于冷凝器或贮液器之上，两者高差较大时（如多层冷库），应计算防止产生闪发气体所需过冷度并留有余量，以补偿管中的压力

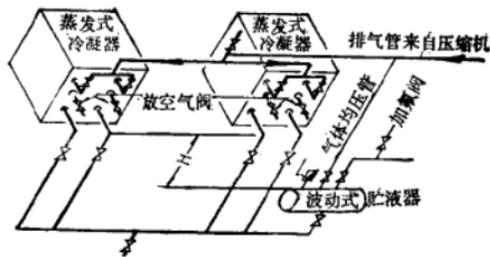


图 7—33 两(多)台蒸发式冷凝器与波动式贮液器接管图

损失和渗入热量（过冷管道需适当的保温）。

（7）系统的加氟管，采用气体吸入法，由压缩机吸入，接在吸气管部位；采用液体注入法，宜接在贮液器与干燥器之间的液体管上。

（六）低压供液管

用热力膨胀阀供液的蒸发盘管，一般采用上进下出形式。串联的盘管只要最后一组上进下出即可。盘管之间的连接管管径与盘管管径相同。

第八章 小型冷库库容量、制冷负荷计算

一、概 述

小型冷库是指县城、农村、厂矿，以及较大单位的食堂贮藏肉、禽、水产品、蛋、果、蔬等食品的土建冷库及装配式冷库，其贮藏公称容积在 3000m^3 以下。小型冷库不要求太长的贮藏周期，因此对库温的要求比大、中型冷库也可以略高，一般低温冷藏间库温 $-10\text{--}18^\circ\text{C}$ ，高温冷藏间 $0\text{--}5^\circ\text{C}$ ，冻结加工间 $-18\text{--}23^\circ\text{C}$ ，在以上温度范围内自行选定一种。商品的贮藏周期宜安排在3个月以内。

本章计算的范围适合于公称容积在 1000m^3 以下的冷库，计算中涉及的公式符号及系数取值如没

有特别指出的可按第三章的要求进行计算。

二、冷库库容量计算

(一) 冷却间、冻结间的生产能力计算

小型冷库往往可不设置冷却间、冻结间，鲜货可直接进入冷藏间内进行冷却或冷藏，但一般要控制进库的货量。对于气调冷库，由于一次性入库降温，冷却与冷藏时的制冷负荷差别过大，往往造成长期贮藏时冷却设备过大，因此可以设置冷却间，避免一次投资及长期使用上的浪费。另外对某些产地冷库，由于冻结加工量相当大，不可能都直接进

入冷藏间的，也可因地制宜地设置冻结间进行冻结加工后再进行冷藏。

冷却间及冻结间可以采用管架、吊轨或小车盘装进行冷却、冻结加工，其生产能力的计算见公式(3-1)、(3-2)。

(二) 冷藏间容量计算

冷藏间容量计算见公式(3-3)，公式中冷藏

| 公称容积(m ³) | 装配式冷库(η) | 土建冷库(η) |
|-----------------------|----------|---------|
| 2001—3000 | 0.60 | 0.55 |
| 1001—2000 | 0.55 | 0.50 |
| 501—1000 | 0.50 | 0.45 |
| 101—500 | 0.45 | 0.40 |
| ≤100 | 0.50 | 0.45 |

注：1.表中是指一间冷藏间的公称容积。

2.蔬菜冷库的容积利用系数应按表内数值乘以0.8的修正系数。

间的容积利用系数η值应不小于表8-1规定的数值。

三、制冷负荷计算

(一) 室外计算参数及冷间设计温湿度的确定

- 1.室外计算温度取32℃，相对湿度取80%。
- 2.冷藏间的温湿度，由于小型冷库贮藏的周期均较短，故可以按表3-10中选择上限温、湿度。

(二) 冷间冷却设备负荷计算

冷间冷却设备负荷计算按下列公式：

$$Q_q = Q_1 + PQ_2 + Q_4 + Q_5 \quad (8-1)$$

式中: Q_q ——冷间冷却设备负荷 (W)。

Q_1 ——围护结构传热量 (W)。

P ——负荷系数。

Q_2 ——货物热量 (W)。

Q_4 ——电动机运转热量 (W)。

Q_5 ——操作热量 (W)。

1. 围护结构传热量 Q_1 计算按下列公式

$$Q_1 = q_A A \quad (8-2)$$

式中: q_A ——单位面积热量 (W/m²)。

A ——围护结构的传热面积 (m²)。

单位面积热量应按表 8-2 中规定取值, 装配式冷库中应用的聚氨酯板的主要物理参数见表 8-3。

2. 货物热量 Q_2 计算见公式 (3-8), 对于冷却或冻结加工的时间可适当延长, 一次性进库冷却的气调库, 加工时间可按果品种类不同, 降温时间延长到 3-5 天, 一般的冷却、冻结间冷加工的时间可按 2-3 天计算。冷藏间每天进货量可按贮

传热系数及单位面积热量 表 8-2

| 冷间温度(℃) | | +5--5 | -10--18 | -23 |
|---------|---------------------------|---------|---------|------|
| 装配式冷库 | 传热系数W/(m ² ·℃) | 0.4 | 0.27 | 0.23 |
| | 单位面积热量(W/m ²) | 不大于12.8 | | |
| 土建冷库 | 传热系数W/(m ² ·℃) | 0.33 | 0.22 | 0.19 |
| | 单位面积热量(W/m ²) | 不大于10.5 | | |

聚氨酯板的主要物理参数 表 8-3

| 项目 | 密度ρ | 热导率λ | 抗压强度 | 抗弯、抗拉强度 | 吸水性 | 自燃性 |
|----|----------------------|---------|----------------------|----------------------|-------------------------|-----|
| | (kg/m ³) | W/(m·℃) | (N/cm ²) | (N/cm ²) | (g/100cm ²) | (S) |
| 数值 | 40-50* | 0.031** | ≥20 | ≥24.5 | ≤3 | >7 |

* 库体地板隔热材料的密度可以用55kg/m³。

** 设计用数值。

藏量的10%计算。进货温度, 对高温冷藏间取15-25℃, 低温冷藏间取-5℃。

3. 电动机运转热量 Q_4 计算见公式(3-10), 电动机一昼夜运转时间取16h, 电动机运转时间系数

$$\rho = \frac{16}{24}$$

4. 操作热量 Q_5 计算见公式(3-11), 每平方米冷间内净面积的照明热量 q_d 对于冷藏间取5—10W/m², 对于冷却、冻结间取15—20W/m²。冷藏间开门换气次数 n 按表8-4取值。

冷藏间开门换气次数

表8-4

| 公称容积 (m ³) | | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 每天换气次数 n | 0℃以下 | 24.2 | 19.6 | 16.9 | 14.9 | 13.5 | 11.7 | 10.7 | 8.0 | 6.7 | 6.0 | 5.4 |
| | 0℃以上 | 31.1 | 25.3 | 21.2 | 18.7 | 16.7 | 14.3 | 12.8 | 10.1 | 8.7 | 7.7 | 7.0 |
| 公称容积 (m ³) | | 200 | 250 | 375 | 500 | 625 | 750 | 1000 | 1250 | 1800 | 2400 | 3000 |
| 每天换气次数 n | 0℃以下 | 4.6 | 4.1 | 3.2 | 2.8 | 2.5 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.42 | 1.22 | 1.11 |
| | 0℃以上 | 5.9 | 5.3 | 4.2 | 3.7 | 3.3 | 2.9 | 2.5 | 2.2 | 1.66 | 1.43 | 1.35 |

小型冷库单位制冷负荷估算表 表 8—5

| 序号 | 冷间名称 | 冷间温度 (℃) | 单位制冷负荷 (W/t) | |
|-----------|-------------|-------------|--------------|------|
| | | | 冷却设备负荷 | 机械负荷 |
| 一、肉、禽、水产品 | | | | |
| 1 | 50t以下冷藏间 | -15—-18 | 195 | 160 |
| 2 | 50—100t冷藏间 | | 150 | 130 |
| 3 | 100—200t冷藏间 | | 120 | 95 |
| 4 | 200—300t冷藏间 | | 82 | 70 |
| 二、水果、蔬菜 | | | | |
| 1 | 100t以下冷藏间 | 0—+2 | 260 | 230 |
| 2 | 100—100t冷藏间 | | 230 | 210 |
| 三、鲜 蛋 | | | | |
| 1 | 100t以下冷藏间 | 0—+2 | 140 | 110 |
| 2 | 100—300t冷藏间 | | 115 | 90 |

(三) 冷间机械负荷计算

$$Q_j = (Q_1 + Q_2 + Q_4 + Q_5) \cdot \frac{24}{T} \quad (8-3)$$

式中: Q_j ——机械负荷 (W)。

Q_1 ——围护结构传热量 (W)。

Q_2 ——货物热量 (W)。

Q_4 ——电动机运转热量 (W)。

Q_5 ——操作热量 (W)。

T ——压缩机每天运转时间数, 可按 12—18 h 计算。

(四) 制冷负荷估算图表

1. 小型冷库单位制冷负荷估算见表 8—5。
2. 装配式冷库冷却面积比及单位制冷负荷性能

注: 1. 本表内机械负荷, 已包括管道等冷损耗 补偿系数 7%。
2. -15—-18℃ 冷藏间进货温度按 -12—-15℃ 进货量按 5% 计算, 如果进货温度为 -5℃ 时, 需要适当增大表中的数值。

装配式冷库冷却面积比及单位制冷负荷性能表

表 8-6

| 制冷剂 | 公称吨位 (t) | 室外计算 | | 温度 (℃) | 公称容积 (m ³) | 容积利用 系数 | 冷间容量 (t) | 每 m ² 冷间净 面积与冷却设 备表面积之比 | 单位制冷负荷(W/t) | | 备 注 | |
|-------------|-------------|-----------|------|-----------|---------------------------|------------|-------------|--|-------------|------|---------------------------------------|------------------|
| | | 温度 (℃) | 冷间名称 | | | | | | 设备负荷 | 机械负荷 | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 氟 利 昂 | 4 | 32 | 冷藏间 | -18 | 20 | 0.5 | 4 | | 900 | 900 | 未冻结货物每天进货量 按10% | |
| | 20 | 32 | 冷藏间 | -18 | 100 | 0.5 | 20 | | 700 | 700 | | |
| | 60 | 32 | 冷藏间 | -18 | 300 | 0.5 | 60 | | 600 | 600 | | |
| | 500 | 29 | 冷藏间 | 0 | 941 | 0.545 | 174 | 1:1.82 | 190 | 140 | 每天进货量按 8%，共 有 2 间 每天进货量按 5% | |
| | | | 冷藏间 | 0 | 735 | 0.51 | 127 | 1:1.55 | 180 | 140 | | |
| | | | 冷藏间 | -15 | 200 | 0.51 | 38 | 1:4.29 | 280 | 210 | | |
| | 500** | 32 | 冷藏间 | -18 | 1188 | 0.57 | 250 | 1:1.46 | 100 | 125 | 每天进货量按 8%，进 货温度 - 8℃，机器按 20h 计算 | |
| | | | 冷藏间 | -18 | 1188 | 0.57 | 250 | 1:1.46 | 100 | 125 | | |
| | 氟 | 4 | 28 | 冷藏间 | -18 | 17 | 0.5 | 4 | 1:2.46 | 350 | 290 | 采用小车盘装冻虾，设 地轨 |
| | | | | 冻结间 | -23 | 53 | | 4 | 1:13.95 | 7940 | 6110 | |

(续)

| 制冷剂 | 公称吨位 (t) | 室外计算 | | 温度 (℃) | 公称容积 (m ³) | 容积利用 系数 | 冷间容量 (t) | 每m ² 冷间净 面积与冷却设 备表面积之比 | 单位制冷负荷(W/t) | | 备 注 |
|------|-------------|-----------|-------|-----------|---------------------------|------------|-------------|---|-------------|----------------|--------------------------------------|
| | | 温度 (℃) | 冷间名称 | | | | | | 设备负荷 | 机械负荷 | |
| | | | | | | | | | | | |
| 氟 | 20 | 29 | 冷藏间 | -15 | 64.6 | | 3.6 | 1:3.91 | | | 共有3间采用管架鱼盘 贮藏 |
| | | | 冷藏间 | -15 | 64.6 | | 4.7 | 1:2.81 | | | |
| | | | 冷藏间 | -15 | 52.5 | | 2.6 | 1:3.22 | | | |
| | 50 | 29 | 冷藏间 | -18 | 217.6 | 0.49 | 50 | 1:1.56 | 195 | 160 | 每天进货量按10% |
| | 100 | 30 | 冷藏间 | -18 | 472.2 | 0.7 | 100 | 1:1.9 | 110 | 90 | 每台4h冻1t, 共3台 |
| | | | 平板冻结间 | | 536 | | 15 | | 29080 | 29080 | |
| | 200 | 28 | 冷藏间 | -20 | 450 | 0.45 | 95 | 1:1.06 | 115 | 90 | 共有2间 每台7h冻2.1t, 共5台 |
| | | | 平板冻结间 | | | | 21 | | 20350 | 20350 | |
| | 500 | 30 | 冷藏间 | 0—12 | 1281 | 0.55 | 162 | 1:1.5 | 215 | 185 | 每天进货量按8%, 共有 3间 |
| | 2300 | 30 | 冷藏间 | 0 | 1170 | 0.705 | 215 | 1:1.76 | 160 | 100 | 每天进货量按5%, 共有 2间每天进货量按10%, 共有6间 |
| 冷藏间 | | | -18 | 1206 | 0.653 | 315 | 1:1.71 | 100 | 70 | | |
| 2300 | 28 | 冷藏间 | -20 | 2960 | 0.53 | 589 | 1:1.68 | 75 | 50 | 每天进货量按3%, 共有4间 | |

见表8—6。

3. 土建冷库冷却面积比及单位制冷负荷性能见表8—7。

(1) 表8—6、8—7中氟利昂冷库栏中带“*”的为R22气调库，带“**”的为R22系统冷库，不带符号的为R12系统冷库。

(2) 这两个表，表中数据R12系统的4t、20t、60t三个冷库采用了大连冷冻机厂的《ZLK—A组合式冷库资料》。R12系统的30t、50t、100t三个冷库，采用了华东地区上海通用图集的资料。其余均按商业部设计院以往设计的冷库资料整理而成的，仅供参考。

(3) 对冻结间及采用货架、挂架或管架的冷藏间，表中未列出容积利用系数的数值。

4. 4—80m³装配式冷库制冷负荷见表8—8。

5. 贮藏鲜蛋和果蔬的装配式冷库见表8—9。

(1) 本表摘自商业部设计院编制的公称容积为500—6000m³，贮藏公称吨位为50—850t的贮藏鲜蛋和果蔬的装配式冷库设计。

(2) 设计参数：室外计算温度+31℃，相对湿度80%，室内计算温度±0℃，相对湿度90%，冷凝温度+38℃，蒸发温度-10℃。

(3) 鲜蛋每天进货量按5%，果蔬每天进货量按8%，进货温度均按25℃，加工时间均按24h计算。

(4) 果蔬冷库的通风换气次数按2次/天计算，隔热板的芯材为聚氨酯泡沫塑料，厚度为100mm。

(5) 装配库的结构形式，净高4.04m以下的为自承重结构；净高为5.2、5.34、5.38m的三种为内结构装配库；净高为5.7m的为外结构装配库。前一种可用于室内或室外，后两种均为室外装配库。净高系指由地板面到顶板底面。

6. 高温及低温装配式冷库制冷负荷曲线分别

土建冷库冷却面积比及单位制冷负荷性能表

表 8—7

| 制冷剂 | 公称吨位 | 室外计算温度 | 冷间名称 | 温度 | 公称容积 | 容积利用系数 | 冷间容量 | 每m ² 冷间净面积与冷却设备面积之比 | 单位制冷负荷 (W/t) | | 备 注 |
|-----|------|--------|------|-----|-------------------|--------|------|--------------------------------|--------------|------|-------------------------|
| | (t) | (℃) | | (℃) | (m ³) | | (t) | | 设备负荷 | 机械负荷 | |
| 氟 | 5 | 29 | 冷藏间 | -5 | 26.9 | 0.47 | 4.8 | 1:1.12 | 320 | 520 | 进货温度-5℃以下 采用货架 |
| | | | 熟食间 | +4 | 5.14 | | 0.2 | 1:0.75 | | | |
| | 10 | 36 | 冷藏间 | -15 | 86.4 | | 7.0 | 1:1.53 | 1370 | 1370 | 设吊架及货架 |
| 利 | 11 | 29 | 冷藏间 | -5 | 48.9 | 0.56 | 11 | 1:2.94 | 620 | 930 | 未冻结肉每天进货量按6% |
| | | | 熟食间 | +4 | 18.2 | | | 1:0.76 | | | |
| | 20 | 29 | 冷藏间 | -5 | 56 | 0.45 | 9.5 | 1:1.14 | 240 | 350 | 进货温度-5℃以下, 共有2间 采用货架 |
| 昂 | 20* | 33.8 | 冷藏间 | -2 | 121 | 0.49 | 20 | 1:7.40 | 1190 | 1000 | 一次进货, 按4天降温 |
| | | | | +10 | | | | | 800 | 680 | |
| | 30 | 32 | 冷藏间 | 0—5 | 26 | 0.425 | 3.5 | 1:0.6 | 320 | 320 | 设管架及挂架, 冻结时间按35h计算 |
| | | | 冷藏间 | -15 | 199 | 0.445 | 33 | 1:1.124 | 150 | 150 | |
| | | | 冻结间 | -20 | 48 | | 1.39 | 1:3.37 | 5520 | 4260 | |

(续)

| 制冷剂 | 公称吨位 (t) | 室外计算温度 (°C) | 冷间名称 | 温度 (°C) | 公称容积 (m ³) | 容积利用系数 | 冷间容量 (t) | 每m ² 冷间净面积与冷却设备表面积之比 | 单位制冷负荷 (W/t) | | 备 注 |
|-------------|-------------|----------------|------|------------|---------------------------|--------|-------------|---------------------------------|-----------------|------|--------------------|
| | | | | | | | | | 设备负荷 | 机械负荷 | |
| | | | | | | | | | | | |
| 氟 利 昂 | 50 | 32 | 冷藏间 | 0—5 | 37 | 0.425 | 5 | 1:0.77 | 250 | 250 | 设管架及挂架, 冻结时间按20h计算 |
| | | | 冷藏间 | -15 | 296 | 0.425 | 47 | 1:1.09 | 130 | 130 | |
| | | | 冻结间 | -20 | 67 | | 2.0 | 1:4.77 | 7560 | 5990 | |
| | 50** | 29 | 冷藏间 | 0 | 153 | 0.41 | 16 | 1:1.22 | 370 | 360 | 每天进货量按8% |
| | | | 冷藏间 | -15 | 240 | 0.44 | 50 | 1:1.0 | 100 | 100 | |
| | | | 冻结间 | -20 | 62 | | 1.6 | 1:10.0 | 7130 | 5800 | |
| | 100 | 32 | 冷藏间 | 0—5 | 64 | 0.395 | 8 | 1:0.45 | 240 | 240 | 设管架及挂架, 冻结时间按30h计算 |
| | | | 冷藏间 | -15 | 505 | 0.523 | 99 | 1:0.88 | 90 | 90 | |
| | | | 冻结间 | -20 | 85 | | 3.3 | 1:4.04 | 4650 | 3900 | |
| | 270** | 23 | 冷藏间 | -20 | 1035 | 0.435 | 270 | 1:1.4 | 80 | 75 | 冻结时间按44h计算, 共有3间 |
| | | | 冻结间 | -30 | 178 | | 5.6 | 1:8.1 | 4260 | 3700 | |
| | | | 穿堂 | 0 | | | | 1:1.0 | | | |
| 氟 | 30 | 32 | 冷藏间 | -15 | 183 | 0.44 | 30.2 | 1:1.22 | 150 | 120 | |
| | | | 冻结间 | -18 | 60 | | 1.92 | 1:6.9 | 7090 | 5910 | |

(续)

| 制冷剂 | 公称吨位 (t) | 室外计算温度 (℃) | 冷间名称 | 温度 (℃) | 公称容积 (m ³) | 容积利用系数 | 冷间容量 (t) | 每m ² 冷间净面积与冷却设备表面积之比 | 单位制冷负荷 (W/t) | | 备 注 |
|-----|-------------|---------------|------|-----------|---------------------------|--------|-------------|---------------------------------|-----------------|------|--------|
| | | | | | | | | | 设备负荷 | 机械负荷 | |
| 氨 | 50 | 32 | 冷藏间 | 0 | 108 | 0.5 | 17 | 1:0.67 | 250 | 220 | 共有 2 间 |
| | | | 冷藏间 | -15 | 108 | 0.42 | 17 | 1:1.29 | 150 | 120 | |
| | | | 冻结间 | -18 | 106.4 | | 3 | 1:7.52 | 8660 | 6610 | |
| | 100 | 32 | 冷藏间 | 0 | 158 | 0.52 | 26.3 | 1:0.66 | 220 | 200 | |
| | | | 冷藏间 | -15 | 476 | 0.42 | 75 | 1:1.27 | 120 | 110 | |
| | | | 冻结间 | -18 | 154 | | 5 | 1:7.8 | 8140 | 6660 | |
| | 500 | 32 | 冷藏间 | -18 | 805 | 0.56 | 213 | 1:0.84 | 60 | 50 | 共有 2 间 |
| | | | 冷藏间 | -18 | 805 | 0.5 | 100 | 1:0.84 | 60 | 50 | |
| | | | 冻结间 | -23 | 180 | | 3 | 1:8.89 | 7560 | 5820 | 共有 2 间 |
| | | | 冻结间 | -23 | 185 | | 7 | 1:8.64 | 7560 | 5820 | |

4—80m³装配式冷库制冷负荷表W

表 8—8

| 公称容积 (m ³) | 公称吨位 (t) | + 2℃ 冷藏 | | -12℃ 冷藏, 每天进货量(kg/d) | | | | | -18℃ 冷藏, 每天进货量(kg/d) | | | | | |
|---------------------------|-------------|---------|------|----------------------|------|------|------|------|----------------------|------|------|------|-------|--|
| | | 一般操作 | 频繁操作 | 0 | 136 | 340 | 680 | 1360 | 0 | 136 | 340 | 680 | 1360 | |
| 3.6 | 0.7 | 675 | 820 | 791 | 1407 | | | | | 908 | 1554 | | | |
| 6.3 | 1.3 | 997 | 1201 | 1084 | 1700 | | | | | 1230 | 1876 | | | |
| 10.2 | 2.0 | 1319 | 1641 | 1407 | 2022 | 2960 | | | | 1524 | 2169 | 3135 | | |
| 12.2 | 2.4 | 1495 | 1876 | 1524 | 2140 | 3077 | 4631 | | | 1699 | 2345 | 3312 | 4924 | |
| 15.0 | 3.0 | 1700 | 2140 | 1699 | 2316 | 3253 | 4807 | | | 1876 | 2520 | 3488 | 5100 | |
| 17.4 | 3.5 | 1905 | 2374 | 1847 | 2462 | 3399 | 4953 | | | 2052 | 2696 | 3663 | 5275 | |
| 20.6 | 4.1 | 2140 | 2667 | 2023 | 2638 | 3575 | 5129 | | | 2227 | 2873 | 3839 | 5451 | |
| 23.5 | 4.7 | 2374 | 2931 | 2170 | 2784 | 3722 | 5275 | | | 2403 | 3048 | 4015 | 5627 | |
| 30.6 | 6.1 | 2842 | 3517 | 2491 | | 4045 | 5598 | 8704 | 2784 | | 4396 | 6008 | 9232 | |
| 37.4 | 7.5 | 3253 | 4074 | 2784 | | 4338 | 5891 | 8997 | 3166 | | 4778 | 6390 | 9613 | |
| 42.3 | 8.5 | 3546 | 4454 | 3019 | | 4572 | 6126 | 9232 | 3370 | | 4983 | 6594 | 9818 | |
| 47.3 | 9.5 | 3839 | 4807 | 3195 | | 4747 | 6301 | 9408 | 3575 | | 5187 | 6799 | 10023 | |

(续)

| 公称容积 (m ³) | 公称吨位 (t) | + 2℃冷藏 | | -12℃冷藏, 每天进货量(kg/d) | | | | | -18℃冷藏, 每天进货量(kg/d) | | | | |
|---------------------------|-------------|--------|------|---------------------|-----|------|------|-------|---------------------|-----|------|------|-------|
| | | 一般操作 | 频繁操作 | 0 | 136 | 340 | 680 | 1360 | 0 | 136 | 340 | 680 | 1360 |
| 59.0 | 10.0 | 3957 | 4953 | 3312 | | 4865 | 6419 | 9525 | 3693 | | 5304 | 6916 | 10140 |
| 55.9 | 11.1 | 4250 | 5335 | 3517 | | 5071 | 6623 | 9730 | 3957 | | 5568 | 7180 | 10404 |
| 57.7 | 11.5 | 4308 | 5451 | 3575 | | | 6683 | 9789 | 4044 | | | 7269 | 10493 |
| 65.4 | 13.1 | 4631 | 5832 | 3810 | | | 6916 | 10023 | 4308 | | | 7532 | 10755 |
| 72.1 | 14.4 | 5011 | 6301 | 4103 | | | 7210 | 10316 | 4572 | | | 7796 | 11019 |
| 81.7 | 16.3 | 5334 | 6741 | 4367 | | | 7473 | 10580 | 4865 | | | 8087 | 11313 |

注: 1.表中室外计算温度按32℃, 冷间温度+ 2℃时每天开机16h, -12及-18℃时每天开机18h。

2.表中推荐值只适用有保温层的地坪, 进货温度按+ 4℃计算。

贮藏鲜蛋和果蔬的

| 冷 间 规 格 | 序 号 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------------------|----------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 公称容积 m ³ | | 513 | 759 | 772 | 944 | 1143 | 1475 | 1700 |
| | 冷间净面积 m ² | | 127 | 141 | 191 | 177 | 213 | 284 | 298 |
| | 冷间净高 m | | 4.04 | 5.38 | 4.04 | 5.34 | 5.38 | 5.2 | 5.7 |
| 冷间容积利用系数 | | 0.4 | 0.45 | 0.45 | 0.48 | 0.505 | 0.525 | 0.535 | |
| 鲜 蛋 | 公称吨位 t | 57 | 90 | 90 | 113 | 145 | 204 | 226 | |
| | | 50 | 80 | 80 | 100 | 130 | 180 | 200 | |
| 冷 藏 负 荷 | 鲜 蛋 | 设备负荷 W | 8617 | 11426 | 11887 | 13806 | 17252 | 21577 | 23657 |
| | | 机械负荷 W | 7377 | 9691 | 10082 | 11611 | 14657 | 18102 | 19829 |
| | 果 蔬 | 设备负荷 W | 13663 | 20246 | 20735 | 23888 | 30330 | 40492 | 46628 |
| | | 机械负荷 W | 11588 | 17483 | 17528 | 21896 | 27877 | 36744 | 42583 |
| 冷 藏 单 位 负 荷 | 鲜 蛋 | 设备负荷 W/t | 151 | 127 | 133 | 122 | 119 | 106 | 105 |
| | | 机械负荷 W/t | 129 | 108 | 112 | 102 | 101 | 88 | 87 |
| | 果 蔬 | 设备负荷 W/t | 273 | 254 | 259 | 238 | 234 | 224 | 234 |
| | | 机械负荷 W/t | 231 | 219 | 219 | 219 | 214 | 205 | 213 |

装配式冷库系列表

表 8—9

| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1897 | 2270 | 2841 | 2966 | 3411 | 3863 | 4455 | 4885 | 5865 |
| 355 | 398 | 498 | 570 | 598 | 678 | 857 | 857 | 1029 |
| 5.34 | 5.7 | 5.7 | 5.2 | 5.7 | 5.7 | 5.2 | 5.7 | 5.7 |
| 0.545 | 0.55 | 0.55 | 0.555 | 0.555 | 0.56 | 0.56 | 0.565 | 0.57 |
| 260 | 339 | 396 | 396 | 509 | 565 | 678 | 735 | 848 |
| 230 | 300 | 350 | 350 | 450 | 500 | 600 | 650 | 750 |
| 26972 | 34393 | 39427 | 40015 | 47413 | 52233 | 64623 | 67909 | 78186 |
| 22496 | 28830 | 32828 | 33235 | 39056 | 43203 | 53629 | 56216 | 64563 |
| 54123 | 67739 | 76929 | 77790 | 96386 | 107222 | 128018 | 138266 | 156505 |
| 49024 | 61749 | 69809 | 70525 | 87148 | 97121 | 115228 | 125127 | 142148 |
| 104 | 101 | 100 | 101 | 93 | 92 | 95 | 92 | 92 |
| 86 | 85 | 84 | 84 | 77 | 77 | 79 | 77 | 76 |
| 235 | 226 | 220 | 222 | 214 | 214 | 213 | 213 | 208 |
| 213 | 206 | 199 | 201 | 194 | 194 | 192 | 193 | 190 |

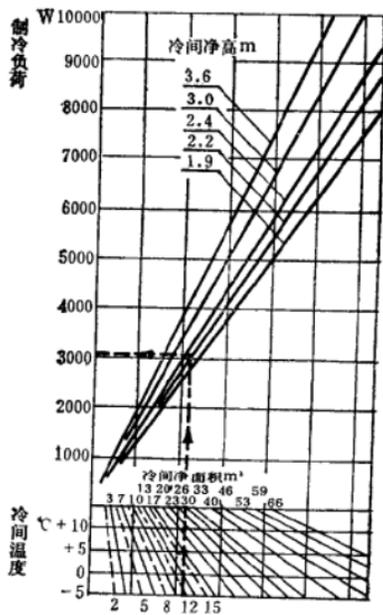


图 8—1 高温装配式冷库制冷负荷曲线

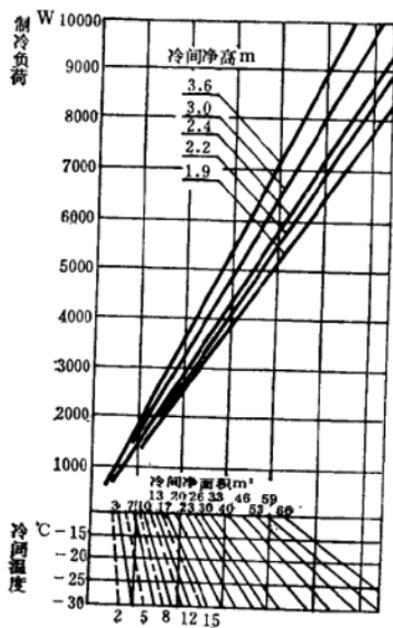


图 8—2 低温装配式冷库制冷负荷曲线

见图 8—1、8—2。

(1)使用条件：室外计算温度 $+35^{\circ}\text{C}$ ，门开启次数按标准计算，每天的进货量最大按10%，入库温度高温库按 25°C 、低温库按 -5°C 计算，呼吸热未计算在内。

(2)这两张图只适用在负荷变化比较小的冷藏间，对冷却和冻结加工的食品则要根据计算来确定其负荷。

(3)例：冷间温度 $+5^{\circ}\text{C}$ ，冷间净面积 17m^2 ，冷间净高 2.2m ，由图 8—1 查得制冷负荷为 3020W 。

7. 土建冷库制冷负荷曲线见图 8—3，公称容积在 $100—1500\text{m}^3$ 时查图 8—3 中曲线(1)，公称容积在 $1500—8000\text{m}^3$ 时查图中曲线(2)，公称容积在 8000m^3 以上的冷库，每增加 155m^3 时，制冷负荷需增加 3861W 。例：公称容积 400m^3 的冷库所需要的制冷负荷，由图上查得为 13000W 。公称容积 5000m^3 的冷库所需的制冷负荷，由图上查得

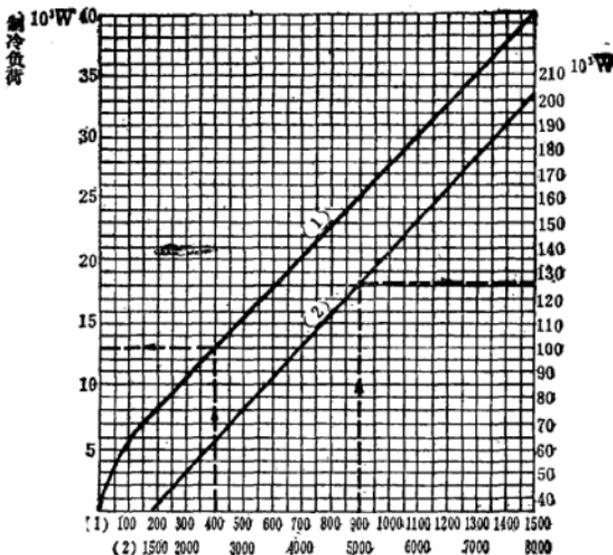


图 8—3 土建冷库制冷负荷曲线

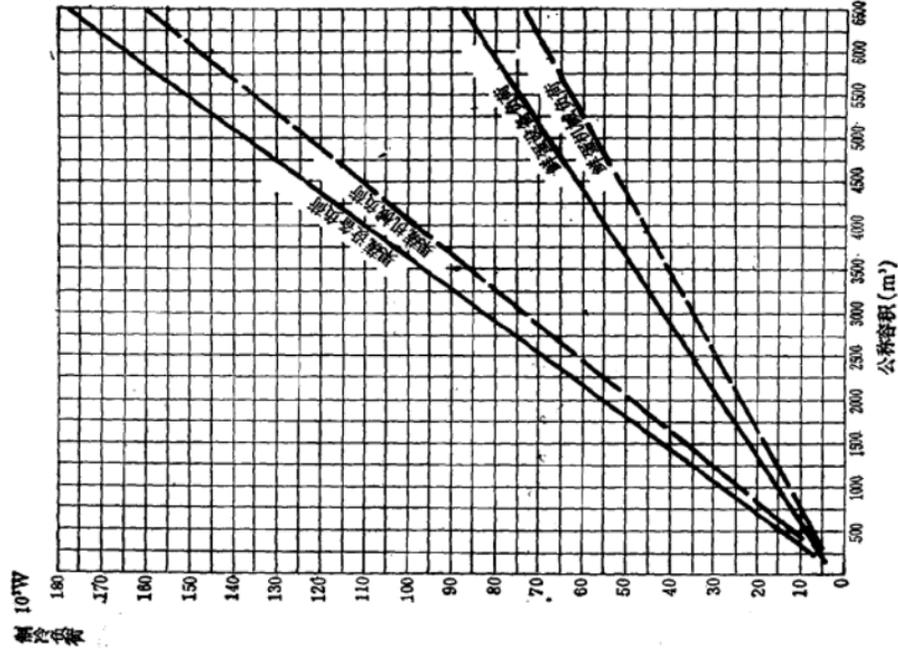


图 8—4 贮藏鲜蛋和果蔬装配式冷库制冷负荷曲线

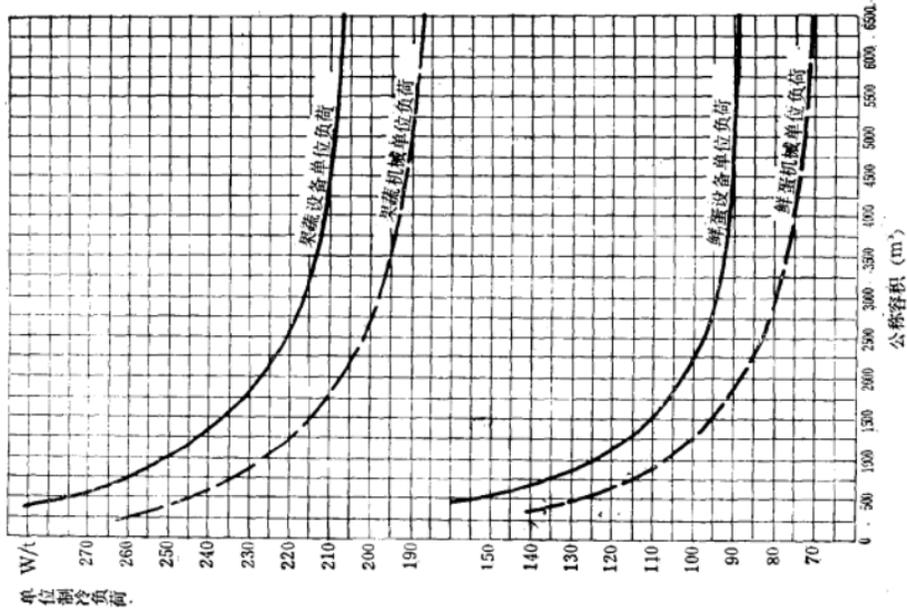


图 8—5 贮藏鲜蛋和果蔬装配式冷库单位制冷负荷曲线

为126800W。本图制冷负荷曲线适用于果蔬冷库设备负荷。

8.贮藏鲜蛋和果蔬装配式冷库制冷负荷曲线及单位制冷负荷曲线见图8—4、8—5。

第九章 冷库制冷系统安装和验收

一、氨制冷系统安装和验收

本说明是设计文件之一，是制冷设计对安装工程的技术要求，安装工程除应按施工图施工外，本说明具有同样效力。

(一) 氨压缩机

1. 各种氨压缩机的安装要求（包括试车及验收要求）应符合机械设备安装工程施工及验收规范

TJ231（一）—75《通用规定》、TJ231（五）—78《压缩机、风机、泵、空气分离设备安装》及GBJ66—84《制冷设备安装工程施工及验收规范》中有关规定和要求。

2. 氨压缩机座必须做在实土上，施工前应将机座下的浮土挖深后分层夯实。大孔性土或土质松软时应挖深2—3m，分层回填夯实，或将槽底夯实，用100号毛石混凝土筑至原定机座底的标准，然后在其上捣筑机座。

3. 机座一般可采用150号素混凝土制作。预留洞孔尺寸，必须与实物核对螺孔位置及螺栓长度，

并防止捣制时移动位置。同时须核对电线管道、上下水管道和油管道等位置。

4.机座初次浇灌高度，须比图注尺寸低25—40mm以便安装完毕后制作水磨石抹面或马赛克贴面，也可按图纸上要求作保护层。

5.大型机座四周做减震缝，为此四周先砌250mm厚砖墙，与机座离开50—100mm，缝内填干砂，缝顶用沥青麻丝填平。

6.压缩机就位前应将预留螺栓孔清扫干净，孔内不得存有灰土，木屑等脏物。螺孔灌浆用300号细石混凝土，并须严格捣实。

(二) 辅助设备

1.所有压力容器(如冷凝器、油分离器、高、低压贮氨器、中间冷却器、再冷却器、氨液分离器、低压循环桶、空气分离器、集油器等)安装

容器的设计压力和试验压力kPa 表9—1

| 工作介质 | 设计压力 | 试验压力 | |
|-----------------|------|------|-------|
| | | 强度试验 | 密封性试验 |
| NH ₃ | 高压 | 2000 | 3000 |
| | 低压 | 1600 | 2400 |
| | | | 2000 |
| | | | 1600 |

前应检查制造厂试压合格证，否则应补行单体试压，试压要求见表9—1(均指表压力)。

2.设备在安装前必须清除铁锈污物、灰尘。容器内应以600kPa(表压力)的压缩空气进行单体排污，一般不可少于3次。

3.设备基础在捣灌前，必须按实物制作螺孔位置样板，并按样板预埋螺栓，样板必须平整并经水平校验。

4.设备安装除按图注要求外,一般均要求平直牢固,油分离器等易震动设备的底脚螺栓,应采用双螺帽或增加弹簧垫圈。

5.低温容器安装时应增设硬垫木,尽量减少冷桥。硬垫木应预先涂刷沥青,防止腐蚀。

6.设备安装时必须弄清每一个管子接头,严禁接错。

7.设备上的玻璃管液面指示器两端连接管应用扁钢加固,玻璃管应设保护罩。

8.低温容器连接阀门时,应按设计要求予留保温层厚度,防止阀门埋入保温层。

(三)冷间冷却设备

1.冷却排管

(1)各型冷却排管的制作及安装必须符合图纸要求。

(2)制作冷却排管用的无缝钢管应符合

YB231—70质量标准,必要时可加作承压试验及压扁试验。对到达施工现场的无缝钢管须逐根检查管子质量,制作前管子须内外除锈,对除过锈的管材两端用木塞塞好,防止砂石流入,并不得露天放置,防止生锈。

(3)排管制成后,须进行单体试压和吹污。试压一般采用1600kPa(表压力)气压,以试验其渗漏性。

(4)排管安装时应按设计要求校正水平,不得有高低不平,或倾斜现象,安装技术要求见表9—2。

(5)翅片管翅片规格及片距未经设计单位同意,不得任意更改,翅片管绕制前,必须单个试压检漏,严格检查管子质量。缠绕式翅片每绕1米须用气焊点焊两处,严禁焊穿,翅片与管壁必须紧密贴合,不得松动。

(6)安装排管用的吊点钢材材质一律采用A3钢。

排管安装技术要求

表 9-2

| 检查部位 | 允许偏差 |
|-----------------------|-----------------------|
| 1.主管上套支管时孔的位置：顺轴线方向位移 | $\leq 1.5(\text{mm})$ |
| 横轴线方向位移 | 不允许 |
| 2.同一冷间内各组排管的标高 | $\pm 5(\text{mm})$ |
| 3.横管式排管各横管的平行度 | $\leq \frac{1}{2000}$ |
| 4.立管式排管各立管的平行度 | $\leq \frac{1}{1000}$ |
| 5.排管平面的翘曲（一角扭出平面的距离） | $\leq 3(\text{mm})$ |
| 6.顶排管的水平误差 | $\leq \frac{1}{2000}$ |
| 7.顶排管中部上下弯曲 | 不允许 |

(7)排管制成后涂红丹两道。

2.冷风机

(1)冷风机安装前应具有工厂检验试压合格证，如无试压证明，用1600kPa（表压力）气压试漏，并进行吹污。

(2)立式冷风机水盘必须试漏后方可安装，要注意水盘与下水管口焊接处不得渗漏。严格防止冲霜水和地面水沿下水道渗入地面保温层。

(3)冷风机安装必须平整，不得歪斜，特别是吊顶式冷风机严格要求安装水平，以免配水不均，影响融霜效果。

(4)通风机及电动机加固螺栓须加弹簧垫圈。

(5)冷风机安装完毕后，应开动通风机检查通风机有无震动、风叶转向及有无擦壳现象，开冲霜水阀，检查配水是否均匀满布，冷风机壳体及档板有无漏水、漏风现象，并作全面调整。

(四)测量仪表

1.所有测量仪表均采用氨专用产品。

2. 压力测量仪表应用标准压力表校正，温度测量仪表应用标准温度计校正，并做好记录。

3. 冷凝器、油分离器、贮氨器、再冷却器、集油器、加氨站等高压容器及氨压缩机排气管道上用 -100—0—250kPa 压力表；氨液分离器、低压循环桶、中间冷却器、空气分离器、分配站及氨压缩机吸入管道上用 -100—0—1600kPa 压力表。氨用压力表等级应不低于 2.5 级精度。

4. 所有仪表应安装在照明度良好，便于观察，不妨碍操作检修的地方，安装在室外的仪表，应增加保护罩，防止日晒雨淋。

5. 压力控制器和温度控制器安装前必须经过校验，并安装在不震动的地方。

(五) 阀 门

1. 氨系统用各种阀门（如截止阀、节流阀、止回阀、电磁阀、安全阀等）均须用氨专用产品。

2. 安装前除制造厂铅封的安全阀外，必须将阀门逐个拆卸，清洗油污、铁锈。电磁阀的阀芯组件清洗时不必拆开，电磁阀的垫片不允许涂抹黄油，只要求沾冷冻油安装。

3. 截止阀、止回阀、电磁阀等阀门应检查阀口密封线有无损伤，有填料的阀门须检查填料是否能密封良好（必要时须加以更换）。

4. 截止阀清洗后，应将阀门启闭 4—5 次，然后关闭阀门，用压缩空气进行试漏（或注入煤油，经 2 h 不渗漏才为合格）。

5. 电磁阀、浮球式和电容式液位控制器等安装前须检验是否灵敏可靠。

6. 各种阀门安装时必须注意氨的流向，不可装反。

7. 阀门必须安装平直。

8. 安全阀安装前应检查铅封情况和出厂合格证，若规定压力与设计不符时，应按专业技术规定将该阀进行调整，做出调整记录，请主管人员检查

合格后,然后再进行铅封。高压容器及管道上装设的安全阀,开启压力为1850kPa;低压和中压容器及管道上装设的安全阀,开启压力为1250kPa(均指表压力)。

(六) 系统管道

1. 氨系统管道一律采用无缝钢管,无缝钢管的质量要求同冷却排管的制作要求。

2. 氨系统管道应尽量避免突然的向上和向下的连续弯曲,以减少管道阻力,避免气封、液封和油封的形式。

3. 从氨压缩机到冷凝器的高压排气管道穿过砖墙时,应留有20—30mm空隙,以防震坏砖墙。

4. 管道安装应符合施工图要求。并注意下列管段不得形成倒坡。

(1) 氨压缩机排气管道应坡向油分离器。

(2) 低压循环桶至氨压缩机的吸入管段,应坡

向低压循环桶。

5. 高压排气管道必须加固牢实,不得有震动现象。

6. 系统连接

(1) 丝扣连接。

① 管子外径在D25mm及以下者与设备阀门的连接可采用丝扣连接。

② 丝扣连接处应抹氧化铅与甘油调制的填料,在管子丝扣螺纹处涂匀(不要涂在阀内)或用聚四氟乙烯塑料带作填料,填料不得突入管内,以免减小管子断面。严禁用白漆麻丝代替。

(2) 法兰连接:管子外径在D32mm及以上者,与设备阀门的连接,一律采用法兰连接,法兰应采用A3号镇静炭素钢制作的凹凸面平焊法兰,当工作温度在-21—-40℃时,法兰的材质应采用16锰钢。法兰表面应平整和相互平行,不得有裂纹以及其它降低法兰强度或连接可靠性的缺陷,在凹口内必须放置厚度为2—3mm的中压石棉橡胶板垫圈,垫圈不得有厚薄不均,斜面或缺口。

(3) 焊接:

①氨系统管道之间的连接一般采用气焊,管壁厚度超过3.5mm可用电焊,选用焊条成份要与管材相适应,常用的气焊条为0.8钢气焊条,常用的电焊条对于一般A3钢可选用结422—424、427焊条,对于16锰钢可选用结502、503、507焊条。

②管道成直角焊接时,应按制冷剂流动方向弯曲。

③两根小管径(D38mm及以下者)管子直角焊接时应用大一号管径的管子焊接。

④不同管径的管子直线连接时,应将大管径管子的焊接端滚圆缩小到与小管径管子相同后才能焊接,也可采用成品异径管(即无缝钢管同心大小头或偏心大小头)。

⑤每一焊口的焊接次数最多不得超过两次。超过两次时,应将焊口锯掉另换管子焊接。

⑥焊接一般应在0℃以上条件下进行,如果气温低于0℃,焊接前应注意清除管道上水气、冰

霜。必要时可预先加热管道。保证焊接时焊缝能自由伸缩。

(4)连接管道的法兰、零件和焊缝不应埋于墙内或不便检修的地方。管道放在支架上不应衬硬垫木,但包有保温层的管道应衬硬垫木,硬垫木应预先涂刷沥青,硬垫木厚度不低于50mm。

(5)在液体主管上接支管,应从主管的底部接出;在气体主管上接支管,应从主管的上部接出。

(6)当吸气管和排气管设于同一支架或吊架时,吸气管应放在排气管的下面,其管间的距离不应小于200—250mm。

7. 弯管

(1)管子外径在D57mm及以上者一般应采用热弯。

(2)管子外径D57mm以下者,当采用热弯时其弯曲半径不得小于管子公称直径的3.5倍。大于D57mm管子采用热弯时其最小弯曲半径应符合表9—3要求。

(3)弯管质量要求见表9—4。

D57mm以上管道热弯时最小弯曲半径 表9-3

| 序号 | 管道规格(mm) | 最小弯曲半径(mm) |
|----|----------|------------|
| 1 | D57×3.5 | 200 |
| 2 | D76×3.5 | 250 |
| 3 | D89×3.5 | 300 |
| 4 | D108×4.0 | 350 |
| 5 | D133×4.0 | 400 |
| 6 | D159×4.5 | 500 |
| 7 | D219×6.0 | 700 |
| 8 | D245×8.0 | 740 |

弯管质量要求

表9-4

| 检查部位 | 允许偏差 |
|-------------------------|---------|
| 1.弯管横断面的椭圆率 | ≤4%管径 |
| 2.弯管后的管壁减薄 | ≤6%管壁厚度 |
| 3.180°弯头的平行度(指曲线起点) | ≤3mm |
| 4.90°弯头的垂直度(指曲线起点偏离垂直线) | ≤3mm |
| 5.弯曲部分的折波 | 不允许 |

(4)除了氨压缩机排气管道采用热弯外,其余弯头也可采用成品冲压弯头,但弯头的曲率半径应

选 $R \geq 1.5D$ 者。

(七)系统试压、排污、检漏、抽真空

1.系统试压

(1)氨系统管道安装完毕后,应以压缩空气进行试压。试压前除机器本身阀门关闭外,所有手动阀门均开启,电磁阀和止回阀等阀芯组体应取出编号保存,以保证管路畅通和避免水气锈蚀。

(2)高压部分,从氨压缩机排出口起经冷凝器到分配站,试压压力采用1800kPa(表压力);低压部分,从分配站起经蒸发器到氨压缩机吸入口,试压压力采用1200kPa(表压力)。试压开始6h内,气体冷却的压力降不大于30kPa,以后18h内,当室内温度恒定不变时压力不再下降为合格。当室内温度是根据气温在变化时,其压力下降值不应超过按公式(9-1)计算的计算值。如超过计算值,应进行检漏,查明后消除泄漏,并应重新试验,直至合格。要防止草率从事,避免投产后产生

一系列不良后果。

$$\Delta p = p_1 - p_2 = p_1 \left(1 - \frac{273 + t_2}{273 + t_1} \right) \quad (9-1)$$

式中： Δp ——压力降(kPa)。

p_1 ——试验开始时系统中的气体压力(kPa)。

p_2 ——试验结束时系统中的气体压力(kPa)。

t_1 ——试验开始时系统中的气体温度(℃)。

t_2 ——试验结束时系统中的气体温度(℃)。

(3)中间冷却器等中间压力下工作的容器试压采用1200kPa(表压力)。

(4)氨泵、浮球液位控制器等试压时可暂时隔开。

(5)玻璃液位指示器应采用板式，中、低压容器如采用管式，其玻璃管必须用1800kPa(表压力)高压玻璃管。系统开始试压时须将玻璃液位指示器两端阀门关闭，待压力稳定后再逐步打开两端阀门。

(6)空气试压工作应用空气压缩机进行，压缩空气进入系统前最好经过贮气罐，以避免水气进入

系统。管道可用涂肥皂水的方法进行检漏。

(7)如空气压缩机确实无法解决，采用氨压缩机代替时，必须严格遵守下列规定：

①在空气吸入口设过滤装置，运转时应间歇进行，逐渐加压，务使排气温度不超过140℃。

②氨压缩机吸、排气压力差不得超过1400kPa，严禁用堵塞安全阀的办法来提高压力差。

③试压完毕后，氨压缩机必须进行清洗检查，并更换冷冻油。

④如发现系统有泄漏现象，必须将系统压力降至大气压力后才可补焊，不得在有压力条件下进行补焊。

2. 系统排污

(1)氨系统排污，应用不超过600kPa(表压力)压缩空气吹污，次数一般不少于3次，直到排出气体不带水蒸气、油污、铁锈等杂物为止。

(2)氨系统试压排污完毕后，应将系统中所有阀门(除安全阀外)的阀芯拆卸清洗。

3. 系统抽真空试验

(1) 氨系统排污后才能进行抽真空试验。

(2) 系统中所有阀门都开启。

(3) 抽真空最好分数次进行，以使系统内压力均衡。

(4) 抽真空计量应采用U形水银压力计，从压力表阀接入，以使读数准确。

(5) 采用真空泵将系统抽至剩余压力小于 5.333kPa (40mmHg)，保持 24h ，系统升压不应超过 0.667kPa (5mmHg)。各地区海拔高度不同，应参照当地大气压力实际值制定系统抽真空应达到的真空度数值。

4. 系统氨试漏

(1) 系统经试压和抽真空合格后方可用少量氨试漏。

(2) 氨试漏应分段、分间进行，以 200kPa (表压力) 氨气试漏，不得向系统灌入大量氨液。

(3) 氨试漏可用酚酞试纸检漏。

(4) 如发现系统有泄漏现象，必须将系统氨抽净并与大气连通后方能补焊，严禁在系统含氨情况

下补焊。

(八) 设备和管道保温

1. 氨系统管道和设备只有在上述试压试漏合格后，在灌注制冷剂以前进行包保温层。

2. 机房内在蒸发压力下工作的设备和管道以及其它低温设备和管道 (中间冷却器、及其蛇形管出液管，低压循环桶及有关低温液管，分配站等) 均须包保温层。

3. 冷库内安装在楼梯间、穿堂和门斗的制冷设备和管道，均包保温层。除冻结物冷藏间本房间的供液管、回汽管或排液管不包保温层外，通过其它冷间的供液、回汽、排液管道均须包保温层，该保温层需包到通过隔墙后 500mm 处截止。

4. 冻结间的供液、回汽、排液管道均包保温层。

5. 自动阀门 (如止回阀、电磁阀等) 一律不包保温层，并且须露出两端法兰。安装浮球式或电容

式液位控制器的金属管，以及低温管路中过滤器的法兰处，均不包保温层。

6. 在机房中包保温层的垂直立管（除靠墙者外）必须按施工图包成圆形。

7. 保温层在通过隔墙（或保温墙）时必须连续而不能中断。

8. 保温层施工时应严格按设计要求施工，采用软木作保温层，必须与设备或管道粘贴牢实，不得留有空隙，有空隙处必须以碎软木和沥青填实，每层之间要错缝敷设。防潮层必须有一定的搭接，并粘贴严密，防止水汽渗入保温层。为防止保温层保护壳龟裂，必须在防潮层外面绑扎钢丝网，然后用 1 : 2.5 水泥砂浆（其中加入按重量比为 2 % 的麻刀）作抹面。抹面必须平整圆滑，外形美观。

9. 机房内在冷凝压力下工作的设备和管道，一律不包保温层。

10. 融霜用热氨管不论在何处，均应缠绕 75mm 厚石棉绳保温，也可用石棉制品保温。保温层外需裹隔气材料并涂热沥青两道。设备间及制冰间的融

霜管须作石棉水泥抹面，并按规定刷油漆。

（九）管道油漆

在制冷管道上，由于管道种类较多，为了加强管理，便于识别各种管道和设备的性质，介质流向，因此在管道或设备的外壁或保温层外涂上不同颜色的油漆，或者涂上相同的浅色油漆后并以另外的不同颜色油漆的箭头标志，以示区别各种管道的种类，并示出管道内介质的流向，对于没有保温层的管道或设备的外壁，必须涂以红丹防锈漆后，方能涂色油漆。一般防锈漆及色油漆均各刷两道。

制冷管道和设备涂色油漆常用的有下列几种：

| | |
|-----------|-----|
| 排气管、热氨管 | 铁红色 |
| 高压氨液管、贮氨器 | 黄色 |
| 吸入管、低压循环桶 | 天蓝色 |
| 低压氨液管 | 米黄色 |

| | |
|-----------|-------|
| 安全管 | 红色 |
| 放油管 | 棕色 |
| 水管 | 绿色 |
| 盐水管 | 灰色 |
| 氨压缩机及辅助设备 | 按出厂涂色 |
| 冷凝器、油分离器 | 银白色 |
| 各种阀体 | 黑色 |
| 截止阀手柄 | 黄色 |
| 节流阀手柄 | 红色 |

(十) 系统灌氨

1. 系统灌氨必须在试压, 试漏和保温工作全部完工后, 才能向系统灌氨, 严禁在上述工作未完成前向系统灌氨。

2. 灌氨时必须严格遵守《冷库氨制冷装置安全技术规程》中有关规定进行。

3. 灌氨时应分段、分间进行, 先灌少量氨, 如

发现有渗漏, 应先将该设备或管段内的氨抽尽。并与其它部分隔断, 连通大气后再进行修补。整个系统不渗漏方能正式灌氨。

4. 灌氨时注意事项如下:

(1) 操作人员必须准备橡皮手套。现场要准备防氨面具、防护眼镜以及急救药品。严禁在现场吸烟或明火作业。

(2) 加氨前后应对氨瓶进行称重记录, 累计灌氨量。

(3) 将氨瓶放在瓶架上(倾斜度 30° — 40°), 头部向下, 用耐压橡胶管将瓶上阀门与加氨站阀门连接好, 注意氨瓶阀口应向上。

(4) 先打开加氨站及通向系统的各个阀门, 再慢慢打开瓶上的角阀, 氨液借氨瓶和系统的压差进入系统。当氨瓶内发出嘶嘶声, 瓶下部的白霜融化时说明氨液已加完, 此时应先关闭氨瓶上的角阀, 然后再关闭加氨站上的阀门。

(5) 拆下氨瓶阀口联接器, 空瓶过磅计重后, 再换上新瓶继续灌氨。

(6) 采用氨槽车灌氨时, 应使氨槽车尽量靠近加氨站, 以减少氨液流动阻力。氨槽车与系统连接的加氨管应是无缝钢管及局部用耐压橡皮管(经受3000kPa表压力), 以防爆裂发生危险。

(十一) 试运转

氨系统灌氨后, 应将氨压缩机逐台进行负荷试运转, 每台最后一次连续运转时间不得少于24h, 每台累计运转时间不得少于48h。当系统负荷试运转正常后, 才能提请验收。

(十二) 验收投产

1. 制冷安装全部竣工, 负荷试运转合格后, 按机械设备安装工程施工及验收规范TJ231(一)-75《通用规定》、TJ231(五)-78《压缩机、风机、泵、空气分离设备安装》及GBJ66-84《制冷设备安装工程施工及验收规范》中有关规定进行检

验, 并办理正式验收手续。

2. 土建冷库试车降温时必须缓慢地逐渐降温, 使建筑物内部水分能在降温过程中逐渐向外挥发。室温+2℃以上时每天降温3—5℃, 室温在降至+2℃时, 应保持3—5天, 使建筑物结构内的游离水份尽量被抽析出来, 达到尽可能的干燥程度。室温在+2℃以下时每天允许降温4—5℃。

装配式冷库降温, 不存在抽析水份问题, 但也要注意不同材料冷缩快慢不同, 每天降温以5—7℃为宜。

二、氟制冷系统安装和验收

本说明是设计文件之一, 是制冷设计对安装工程的技术要求, 安装工程除应按施工图施工外, 本说明具有同样效力。

(一) 机房设备安装

1. 各种氟压缩机的安装要求(包括试车及验收

要求)应符合机械设备安装工程施工及验收规范TJ231(一)-75《通用规定》、TJ231(五)-78《压缩机、风机、泵、空气分离设备安装》及GBJ66-84《制冷设备安装工程施工及验收规范》中有关规定和要求。

2.整体成套的氟压缩冷凝机组或氟压缩机组如在出厂前已进行过运转试验,并灌进氟利昂,一般只需进行外观的清洁和检查,不须拆卸检查机件内部零件。分组成套或散装供应的设备,如氟压缩冷凝机组或氟压缩机组在出厂前进行过运转试验,无特殊情况下,一般不须拆检机器内部。如对机器清洁有怀疑时,应拆检内部的清洁情况。

3.对于单独分装的蒸发器、冷凝器和联接管道等应检查内部的清洁情况,设备用瓶装氮气吹净残余的泥沙杂物,联结管道用金属丝刷和旧布拉擦,不得在内壁上留有脏污。清洗工作进行得越彻底越好。

4.氟压缩冷凝机组或氟压缩机的基础必须放在实土上。基础用150号素混凝土制作,浇灌高度须

比图注尺寸低25—30mm。基础预留孔洞尺寸,必须与实物核对螺孔位置及螺栓长度。为防止捣制时移动位置,也可用模板制作。浇灌前应校对电线及上下水管道位置。

5.机组就位前应将预留螺栓孔清扫干净,孔内不得存有灰土、木屑等杂物。螺孔灌浆用300号细石混凝土,并须严格捣实。机组用垫铁来校正水平,均匀地旋紧地脚螺栓,螺栓顶应比螺帽上平面高2—3mm,并复验机组安装的水平度,然后用水磨石抹面或贴马赛克面层,也可按图纸要求作保护层。

6.机组安装完毕后应进行空车运转6h,空车运转合格后进行负荷运转24h,负荷运转后根据润滑油脏污情况,以决定是否更换润滑油及清洗活塞。

7.氟压缩冷凝机组及设备运到后,根据装箱清单清点和外观检查,有无合格证。如无合格证,则应进行单体试压,冷凝器、油分离器、贮液器、中间冷却器、汽液分离器及热交换器等试压要求见表

9—5 (均指表压力)。

容器的设计压力和试验压力kPa 表9—5

| 工作介质 | | 设计压力 | 试验压力 | |
|------|----|------|------|-------|
| | | | 强度试验 | 密封性试验 |
| R22 | 高压 | 2000 | 3000 | 2000 |
| | 低压 | 1600 | 2400 | 1600 |
| R12 | 高压 | 1600 | 2400 | 1600 |
| | 低压 | 1000 | 1600 | 1600 |

(二) 冷间冷却设备

1. 冷却排管

(1) 各型冷却排管的制作及安装必须符合图纸要求。

(2) 制作冷却排管用的无缝钢管(或铜管)须逐根检查管子质量,制作前管子内外须清除氧化物,管内必须十分清洁,除过氧化皮的管子两端用

木塞塞好,防止砂石进入,并不得露天放置,防止生锈。

(3) 排管制成后,须进行单体试压和吹污。对R22排管采用1600kPa(表压力)气压,对R12排管采用1000kPa(表压力)气压,以试验其渗透性。

(4) 排管安装时应按设计要求校正水平,不得有高低不平或倾斜现象,具体技术要求见表9—2。

(5) 安装排管用的吊点钢材材质一律采用A3钢。

(6) 无缝钢管做的排管制成后涂红丹两道。

2. 冷风机

(1) 冷风机安装前应检验工厂试压合格证,如无试压证明,应进行气压试验,试验压力与冷却排管的试验压力相同,并进行吹污。

(2) 冷风机安装必须平直,不得歪斜。特别是吊顶式冷风机严格要求安装水平,以免配水不均,影响冲霜效果。

(3) 通风机和电动机固定螺栓须加弹簧垫

圈。

(4) 冷风机水盘必须试漏后方得安装。要注意水盘与下水管口焊接处不得有渗漏, 要严格防止冲霜水沿下水道渗入地面保温层。

(5) 冷风机安装完毕后, 开动通风机检查通风机有无震动和风叶擦壳及叶片转向等, 并作调整。开冲霜水阀, 检查配水是否均匀满布, 冷风机壳体和挡板有无漏水、漏风现象, 水盘有否溅水等。

(三) 测量仪表

1. 所有测量仪表均须采用氟专用产品。

2. 压力测量仪表应用标准压力表校正, 温度测量仪表应用标准温度计校正, 并做好记录。

3. 高压容器及管道应装—100—0—2500kPa压力表。中、低压容器及管道应装—100—0—1600kPa压力表。压力表等级应不低于2.5级精度。

4. 所有仪表应安装在照明良好, 便于观察, 不妨碍操作检修的地方。安装在室外的仪表, 应增加保护罩, 防止日晒雨淋。

5. 压力控制器和温度控制器安装前必须经过校验, 并安装在不震动的地方。

(四) 阀门

1. 氟系统用各种阀门(如截止阀、节流阀、热力膨胀阀、电磁阀、恒压阀、止回阀及安全阀等)均须用氟专用产品, 所有阀门应弄清流向, 按标示的流向安装。

2. 电磁阀在安装前应通电检验是否灵敏可靠, 供电电压应与铭牌相符。供液电磁阀阀前应加过滤器, 阀后应尽量靠近热力膨胀阀。

3. 热力膨胀阀应符合设计选定的型号和规格。焊接法兰时必须将法兰与阀体分解, 以免影响膨胀阀的装配结构。感温包要绑在蒸发器出口水平回气管上, 绑扎位置的角度因感温包的充注方式不同各

有差异，应按照该阀说明书中要求进行绑扎。感温包和回汽管一般不包保温材料。外平衡热力膨胀阀的外部平衡管，安装在回汽管感温包的下游，见图

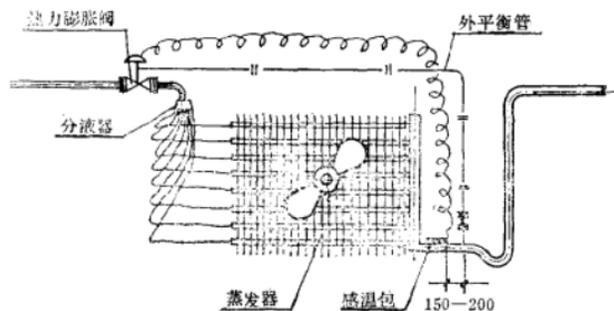


图 9—1 热力膨胀阀与分液器的安装图

9—1，外平衡管应添加阀门连接在水平管的顶部，以便于拆修。热力膨胀阀后的分液器朝下、朝上安装均可，但不宜横装。

4. 截止阀、止回阀、电磁阀等阀门应检查阀门密封线有无损伤，有填料的阀门须检查填料是否能密封良好（必要时须加以更换）。

5. 安全阀在安装前，应检查铅封和出厂合格证，若其规定压力与设计不符时，应按规定将该阀拆封进行调整，做出调整压力的记录，经检查合格后，再进行铅封。安全阀的开启压力值见表 9—6（均指表压力）。

6. 阀门清洗后，应将阀门启闭 4—5 次，然后关闭阀门，用氮气进行试漏（或注入煤油，经 2 h 不渗漏才合格）。

7. 阀门必须安装平直。

安全阀开启压力值 kPa 表 9—6

| 容器及系统管道类别 | R22 | R12 |
|-----------|-------|-------|
| 高压侧 | 1300 | 1400 |
| 低压侧 | ≤1050 | ≤1050 |

（五）系统管道

1. D22 以下的管道用紫铜管，D22 以上的管道

用无缝钢管。安装前必须逐根检查管子质量，清除杂质和氧化皮，管内必须十分清洁。清洁好的管道必须两端用木塞堵住，并不得露天存放。紫铜管及无缝钢管内壁不宜镀锌。

2. D32以下的无缝钢管采用气焊，D57及以上的无缝钢管用气焊或电焊，选用焊条成分要与管材相适应，常用的气焊条为0.8钢气焊条，常用的电焊条为T422或T423。

3. 铜管与铜管或铜管与钢管的焊接可采用银焊或铜焊。银焊条选用银基钎料（料303）或银磷钎料（料204），料303焊剂用剂101、剂102、剂103或硼砂，料204不必加焊剂。焊接一般在0℃以上进行，如低于0℃时，焊前应注意清除管道上的水汽、冰霜，必要时可先预热，保证焊缝可以自由伸缩。

4. 铜管道焊接形式见图9-2、9-3、9-4、9-5。银焊的套接长度和间隙见表9-7。

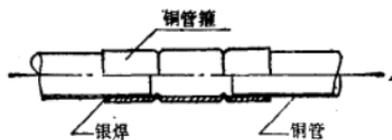


图9-2 铜管对接

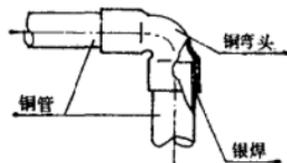


图9-3 铜管弯头连接

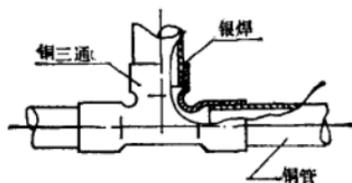


图9-4 铜管三通连接

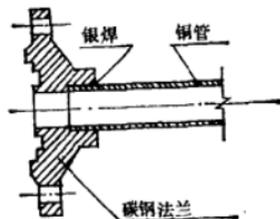


图 9—5 铜管与法兰焊接

5. 管道与设备、阀门等的连接。采用可拆连接，用法兰、丝扣、喇叭口接头等连接方式。法兰连接垫片采用 $\delta = 1 - 2$ mm耐油石棉橡胶板，垫片安装前应用冷冻油浸过。管径小于D22的紫铜管，直接将管口做成喇叭口，用接头及接管螺母压紧连接。使用时接管螺母先套在紫铜管上，然后用挤喇叭口工具将紫铜管管端挤压出直径小于接管螺母内径的90°喇叭口，见图 9—6、表 9—8。在

银焊的套接长度和间隙表

表 9—7

| 管 径 (mm) | 最小套接长度 (mm) | 套接间隙 (mm) |
|----------|-------------|-----------|
| 5以上及8 | 6 | 0.05—0.35 |
| 8—12 | 7 | |
| 12—16 | 8 | 0.05—0.45 |
| 16—25 | 10 | |
| 25—35 | 12 | 0.05—0.55 |
| 35—45 | 14 | |

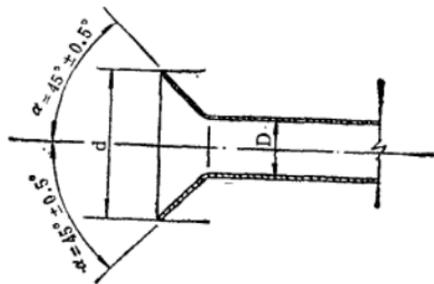


图 9—6 喇叭口外形图

挤喇叭口前，应将紫铜管端部进行退火处理，以免喇叭口部位的管壁裂开，然后将接管螺母与接头拧紧，即达到连接管道的目的。丝扣连接采用氧化铅

喇叭口尺寸规格 表 9—8

| 紫铜管外径D(mm) | 喇叭口外径d (mm) | 喇叭口角度 2α |
|------------|-------------|------------------------|
| 6 | 9 | $90^\circ \pm 1^\circ$ |
| 8 | 11 | |
| 9 | 13 | |
| 10 | 13 | |
| 12 | 15 | |
| 16 | 19 | |
| 19 | 23 | |
| 22 | 26 | |

与甘油调制的填料，在丝扣螺纹处涂匀，或用聚四氟乙烯塑料带作填料。

6. 氟系统管道应有坡度，排气管有 1—2 % 坡向油分离器，吸入管由蒸发器坡向氟压缩机方向，有不小于 2 % 的坡度。

7. 当蒸发排管采用分液器供液时，分液器的分

液管根数必须与蒸发排管的组数相一致，各分液管的内径，长度和压力损失应基本相同，封闭一根或几根不需用的分液管，将会造成各蒸发排管供液的不均。为了减少分液器和分液管中的阻力和冷量损失，分液器应尽可能装在靠近蒸发排管的进液端，热力膨胀阀与分液器的间距也要尽量短。分液器的安装位置应尽量保持垂直，见图 9—1。分液器和分液管的内壁，以及焊接处均要求光滑和清洁。

8. 对无缝钢管，弯管的最小弯曲半径见表 9—3。弯管质量要求见表 9—4。弯头也可采用曲率半径 $R \geq 1.5D$ 的成品冲压弯头。

(六) 系统排污、试压、检漏

1. 系统排污，系统安装完毕后用 600kPa (表压力) 氮气进行分段吹污，而后全系统吹污，排污不得少于 3 次，并用白纸在排污口试验，直到排出气体不带水蒸汽、油污、铁锈等杂物为止。

2. 系统排污后，应以氮气进行试压 (氟利昂制

制冷剂对于水的溶解极低，要求系统中无水分，否则热力膨胀阀将出现冰塞。压缩空气中含有水份，不宜使用）。系统试压要求见表9—9（均指表压力）。瓶装的高压氮气一定要经减压表灌注。

3. 试压时，除压缩机的吸、排气阀，安全阀前的截止阀及连通大气的阀以外，开启管道上所有阀门，通过加氟阀向全系统灌注氟气。当系统达到规定压力后，用肥皂液检查各焊口、法兰和阀门，仔细观察有否泄漏。泄漏大的地方有微小声音，并出

系统试压值kPa 表9—9

| 系统类别 | R22 | R12 |
|------|------|------|
| 高压侧 | 1800 | 1600 |
| 低压侧 | 1200 | 1000 |

现大的泡沫，渗漏小的地方则间断出现小泡沫，所以检漏必须仔细，并反复检查3—5次。发现渗漏处应作出记号，在卸压后进行修补，再如法进行试

压，直至渗漏彻底消除。然后使系统保持24—48h，如压力不降低，则试压合格。由于环境温度变化而压力有微小的升降是允许的，该压力升降值可参照公式（9—1）计算。

4. 为了确保系统的严密性，进一步排除和发现微量的泄漏（氟利昂制冷剂极易泄漏，它甚至能够从金属组织不严密的地方渗漏出去，故系统的检漏工作必须重视），可向系统充入少量的氟利昂制冷剂。充氟利昂检漏前，应将系统中的氮气放掉，在系统的压力回到0kPa（表压力）时，向系统灌注氟利昂，使系统压力达到100kPa（表压力），再充入氮气至规定的试验压力。此时应开启压缩机吸、排气阀门，机器也同时检漏。用卤素校漏灯进行充氟检漏，按氟利昂泄漏量的大小，火焰可呈微绿色、亮绿色、紫色等不同颜色。卤素灯火焰的颜色和R22的浓度关系见表9—10。卤素灯火焰的颜色和R12泄漏量的关系见表9—11。检漏器的灵敏度与R12泄漏量的关系见表9—12。

5. 系统排污、试压完毕后，应清洗所有阀芯。

(七) 抽真空试验

1. 气密性试验合格后要要进行抽真空试验, 真空试验的目的是进一步对系统进行气密性检查以及排

卤素灯火焰的颜色和R22浓度关系 表9—10

| 火焰的颜色 | R22浓度(容积%) |
|-----------|------------|
| 在暗处看见绿色 | 0.004 |
| 在亮处看见淡绿色 | 0.006 |
| 草绿色 | 0.013 |
| 带有淡紫色的绿色 | 0.044 |
| 紫绿色 | 0.07 |
| 带有淡紫色的紫绿色 | 0.12 |
| 紫色气体分解 | 0.6 |

除空气和其它不凝性气体, 并把系统中的水分蒸发排掉。

2. 抽真空试验应采用真空泵进行系统抽空。

卤素灯火焰的颜色和R12泄漏量的关系 表9—11

| R12 泄漏量 | | | 火焰的颜色 |
|---------|---------|----------------------|--------|
| (g/30d) | (L/30d) | (mm ³ /s) | |
| 4 | 0.8 | 0.31 | 不能检出 |
| 24 | 4.8 | 1.85 | 微绿色 |
| 32 | 6.4 | 2.47 | 淡绿色 |
| 42 | 8.4 | 3.23 | 深绿色 |
| 114 | 22.8 | 8.78 | 深紫色 |
| 163 | 32.6 | 12.57 | 带紫的绿紫色 |
| 500 | 100 | 38.5 | 强紫的绿紫色 |

注: d为天, g为克, L为升, s为秒。

3. 用真空泵将系统抽至剩余压力小于1.333 kPa(10mmHg), 并连续运转10—24h, 以便使系统水分蒸发排掉。系统内剩余压力与水沸点关系见表9—13, 并保持系统内剩余压力1.333k Pa, 放置

检漏器的灵敏度与R12泄漏量 (15℃, 400kPa表压力)

表 9-12

| 灵敏度 | | | 泄漏量 | |
|----------------------|-----------------------|--------------|--------------|------------------------------------|
| 电子检漏器 (指针偏 转度) | 水中气密 试验 (冒泡时间s) | 卤素校 漏灯 | 泄漏量 (g/a) | 气体泄漏 速度 (mm ³ /s) |
| 0.05—0.1 | 不能检出 | 不能检出 | 0.65 | 0.004 |
| 0.2 | 30—60 | 不能检出 | 2.60 | 0.016 |
| 1.0 | 5—10 | 不能检出 | 5.20 | 0.030 |
| 满度值 | 1—2 | 不能检出 | 31.20 | 0.200 |
| 满度值 | 连续冒泡 | 在暗处可勉强 检出 | 81.00 | 0.510 |
| 满度值 | 连续冒泡 | 可以检出 | 312.00 | 1.970 |

注: a为年。

24h,系统升压不应超过0.667kPa (5 mmHg),如回升较大应找出原因,是系统不严,还是由于系统内水分的蒸发,水蒸汽分压力上升引起的,如系统不严还要重做气密性试验。

系统内剩余压力与水沸点表

表 9-13

| 系统内剩余压力 (kPa) | 水沸点 (℃) | 系统内剩余压力 (kPa) | 水沸点 (℃) |
|------------------|------------|------------------|------------|
| 101.325 | 100 | 1.312 | 11 |
| 4.240 | 30 | 1.226 | 10 |
| 3.365 | 26 | 1.070 | 8 |
| 2.650 | 22 | 0.812 | 4 |
| 2.334 | 20 | 0.704 | 2 |
| 2.070 | 18 | 0.610 | 0 |
| 1.705 | 15 | | |

(八) 设备和管道的保温和油漆

1. 在上述试压和真空试验合格后,灌注氟利昂以前,对在蒸发压力下工作的设备和管道,位于常温房间内的要包保温层。

2. 保温层施工时应严格按设计要求施工。保温层必须与设备和管道粘贴密实牢固,不得留有空隙。

3. 在冷凝压力下工作的设备和管道一律不包保

温层。

4. 机房内的管道应漆下列各种颜色，以资识别。

| | |
|------|-----|
| 排气管 | 铁红色 |
| 高压液管 | 黄色 |
| 吸入管 | 天蓝色 |
| 低压液管 | 米黄色 |
| 进水管 | 草绿色 |
| 出水管 | 深绿色 |
| 油管 | 棕色 |

(九) 充注氟利昂制冷剂

1. 氟系统充氟一般均采用气充法，在低压吸气侧注入氟气体，以后由压缩机逐渐吸进系统。

2. 系统充氟前须用氟先将连接管中空气赶出，以净化充氟管道。氟瓶要充前称重，以便记载充入量、氟瓶残存量。

3. 当充注到系统压力为500kPa（表压力）后，暂停充注，为慎重起见用检漏器对焊口、法兰、阀等各处仔细检查一遍。证明系统确无泄漏后再用压缩机继续加氟。

4. 氟的灌入量应根据设计要求，第一次一般只灌注80%，经过试运转循环降温，根据结霜和液位情况第二次再逐渐加入。

5. 充氟时应做好一切准备工作，并遵守操作规程。

(十) 试运转

系统充氟后即可转入试运转，试运转的目的是检查系统是否正常和充入的氟量是否适当。如充氟过多，会使吸气、排气压力过高，机器易冲缸，这时应将多余的氟抽出。如充氟不足，会产生吸气、排气压力偏低，膨胀阀不起作用，回气过热，库温降不下来等现象，这时应补充加氟，直至运转正常为止。

(十一) 验收投产

1. 制冷安装全部竣工, 负荷试运转合格后, 按机械设备安装工程施工及验收规范TJ231(一)-75《通用规定》、TJ231(五)-78《压缩机、风机、泵、空气分离设备安装》及GBJ66-84《制冷设备安装工程施工及验收规范》中有关规定进行检验, 并办理正式验收手续。

2. 土建冷库试车降温时必须缓慢地逐渐降温, 使建筑物内部水分能在降温过程中逐渐向外挥发。室温+2℃以上时每天降温3—5℃, 室温在降至+2℃时, 应保持3—5天, 使建筑物结构内的游离水分尽量被抽析出来, 达到尽可能的干燥程度, 室温在+2℃以下时每天允许降温4—5℃。

装配式冷库降温, 不存在抽析水分问题, 但也要注意不同材料冷缩快慢不同, 每天降温以5—7℃为宜。

第十章 常用材料

一、型 钢

1. 热轧圆钢 (GB702-86)



表10-1

| 直 径d (mm) | 截面面积 (cm ²) | 理论重量 (kg/m) | 直 径d (mm) | 截面面积 (cm ²) | 理论重量(kg/m) |
|-----------|-------------------------|-------------|-----------|-------------------------|------------|
| 5.5 | 0.2376 | 0.186 | 10 | 0.7854 | 0.617 |
| 6 | 0.2827 | 0.222 | 11* | 0.9503 | 0.746 |
| 6.5 | 0.3318 | 0.260 | 12 | 1.1310 | 0.888 |
| 7 | 0.3848 | 0.302 | 13 | 1.327 | 1.04 |
| 8 | 0.5027 | 0.395 | 14 | 1.539 | 1.21 |
| 9 | 0.6362 | 0.499 | 15 | 1.767 | 1.39 |

(续)

| 直径d (mm) | 截面面积 (cm ²) | 理论重量(kg/m) | 直径d (mm) | 截面面积 (cm ²) | 理论重量(kg/m) |
|----------|-------------------------|------------|----------|-------------------------|------------|
| 16 | 2.011 | 1.58 | 25 | 4.909 | 3.85 |
| 17 | 2.270 | 1.78 | 26 | 5.309 | 4.17 |
| 18 | 2.545 | 2.00 | 27* | 5.726 | 4.49 |
| 19 | 2.835 | 2.23 | 28 | 6.158 | 4.83 |
| 20 | 3.142 | 2.47 | 29* | 6.605 | 5.18 |
| 21 | 3.464 | 2.72 | 30 | 7.069 | 5.55 |
| 22 | 3.801 | 2.98 | 31* | 7.548 | 5.93 |
| 23* | 4.155 | 3.26 | 32 | 8.042 | 6.31 |
| 24 | 4.524 | 3.55 | | | |

带*者不推荐使用。

2. 热轧扁钢 (GB704-88)

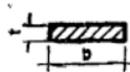


表10-2

| 宽度 b (mm) | 厚度 t (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|------|------|------|------|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 | 30 | |
| | 理论重量(kg/m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 0.24 | 0.31 | 0.39 | 0.47 | 0.55 | 0.63 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 0.28 | 0.38 | 0.47 | 0.57 | 0.66 | 0.75 | | | | | | | | | | | | | |

(续)

| 宽 度 b (mm) | 厚 度 t (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 | 30 |
| | 理 论 重 量(kg/m) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 0.33 | 0.44 | 0.55 | 0.66 | 0.77 | 0.88 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 0.38 | 0.50 | 0.63 | 0.75 | 0.88 | 1.00 | 1.15 | 1.26 | | | | | | | | | | |
| 18 | 0.42 | 0.57 | 0.71 | 0.85 | 0.99 | 1.13 | 1.27 | 1.41 | | | | | | | | | | |
| 20 | 0.47 | 0.63 | 0.79 | 0.94 | 1.10 | 1.26 | 1.41 | 1.57 | 1.73 | 1.88 | | | | | | | | |
| 22 | 0.52 | 0.69 | 0.86 | 1.04 | 1.21 | 1.38 | 1.55 | 1.73 | 1.90 | 2.07 | | | | | | | | |
| 25 | 0.59 | 0.79 | 0.98 | 1.18 | 1.37 | 1.57 | 1.77 | 1.96 | 2.16 | 2.36 | 2.75 | 3.14 | | | | | | |
| 28 | 0.66 | 0.88 | 1.10 | 1.32 | 1.54 | 1.76 | 1.98 | 2.20 | 2.42 | 2.64 | 3.08 | 3.53 | | | | | | |
| 30 | 0.71 | 0.94 | 1.18 | 1.41 | 1.65 | 1.88 | 2.12 | 2.36 | 2.59 | 2.83 | 3.36 | 3.77 | 4.24 | 4.71 | | | | |
| 32 | 0.75 | 1.01 | 1.25 | 1.50 | 1.76 | 2.01 | 2.26 | 2.54 | 2.76 | 3.01 | 3.51 | 4.02 | 4.52 | 5.02 | | | | |
| 35 | 0.82 | 1.10 | 1.37 | 1.65 | 1.92 | 2.20 | 2.47 | 2.75 | 3.02 | 3.30 | 3.85 | 4.42 | 4.95 | 5.50 | 6.04 | 6.87 | 7.69 | |
| 40 | 0.94 | 1.26 | 1.57 | 1.88 | 2.20 | 2.51 | 2.83 | 3.14 | 3.45 | 3.77 | 4.40 | 5.02 | 5.56 | 6.28 | 6.91 | 7.85 | 8.79 | |
| 45 | 1.06 | 1.41 | 1.77 | 2.12 | 2.47 | 2.83 | 3.18 | 3.53 | 3.89 | 4.24 | 4.95 | 5.65 | 6.36 | 7.07 | 7.77 | 8.83 | 9.89 | 10.60 |

(续)

| 宽度 b (mm) | 厚度 t (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 | 30 |
| 理论重量 (kg/m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 1.18 | 1.57 | 1.96 | 2.36 | 2.75 | 3.14 | 3.53 | 3.93 | 4.32 | 4.71 | 5.50 | 6.28 | 7.07 | 7.85 | 8.64 | 9.81 | 10.99 | 11.78 |
| 55 | | 1.73 | 2.16 | 2.54 | 3.02 | 3.45 | 3.89 | 4.32 | 4.75 | 5.18 | 6.04 | 6.91 | 7.77 | 8.64 | 9.50 | 10.79 | 12.09 | 12.95 |
| 60 | 1.41 | 1.88 | 2.36 | 2.83 | 3.30 | 3.77 | 4.24 | 4.71 | 5.18 | 5.65 | 6.59 | 7.54 | 8.48 | 9.42 | 10.36 | 11.78 | 13.19 | 14.13 |
| 65 | 1.53 | 2.04 | 2.55 | 3.06 | 3.57 | 4.08 | 4.59 | 5.10 | 5.61 | 6.12 | 7.14 | 8.16 | 9.19 | 10.21 | 11.23 | 12.76 | 14.29 | 15.31 |
| 70 | 1.65 | 2.20 | 2.75 | 3.30 | 3.85 | 4.40 | 4.95 | 5.50 | 6.04 | 6.59 | 7.69 | 8.79 | 9.89 | 10.99 | 12.09 | 13.74 | 15.39 | 16.49 |
| 75 | 1.77 | 2.36 | 2.94 | 3.53 | 4.12 | 4.71 | 5.30 | 5.89 | 6.48 | 7.07 | 8.24 | 9.42 | 10.60 | 11.78 | 12.95 | 14.72 | 16.49 | 17.66 |
| 80 | 1.88 | 2.51 | 3.14 | 3.77 | 4.40 | 5.02 | 5.65 | 6.28 | 6.91 | 7.54 | 8.79 | 10.05 | 11.30 | 12.56 | 13.82 | 15.70 | 17.58 | 18.84 |
| 85 | 2.00 | 2.67 | 3.34 | 4.00 | 4.67 | 5.34 | 6.01 | 6.67 | 7.34 | 8.01 | 9.34 | 10.68 | 12.01 | 13.35 | 14.68 | 16.68 | 18.68 | 20.02 |
| 90 | 2.12 | 2.83 | 3.53 | 4.24 | 4.95 | 5.65 | 6.36 | 7.07 | 7.77 | 8.48 | 9.89 | 11.30 | 12.72 | 14.13 | 15.54 | 17.66 | 19.78 | 21.20 |
| 95 | 2.24 | 2.98 | 3.73 | 4.47 | 5.22 | 5.97 | 6.71 | 7.46 | 8.20 | 8.95 | 10.44 | 11.93 | 13.42 | 14.92 | 16.41 | 18.84 | 20.88 | 22.37 |
| 100 | 2.36 | 3.14 | 3.93 | 4.71 | 5.50 | 6.28 | 7.07 | 7.85 | 8.64 | 9.42 | 10.99 | 12.56 | 14.13 | 15.70 | 17.27 | 19.63 | 21.98 | 23.55 |

(续)

| 宽度 b (mm) | 厚 度 t (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 | 30 |
| 理 论 重 量 (kg/m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 105 | 2.47 | 3.30 | 4.12 | 4.95 | 5.77 | 6.59 | 7.42 | 8.24 | 9.07 | 9.89 | 11.54 | 13.19 | 14.84 | 16.49 | 18.18 | 20.61 | 23.08 | 24.73 |
| 110 | 2.59 | 3.45 | 4.32 | 5.18 | 6.04 | 6.91 | 7.77 | 8.64 | 9.50 | 10.36 | 12.09 | 13.82 | 15.54 | 17.27 | 19.00 | 21.59 | 24.18 | 25.91 |
| 120 | 2.83 | 3.77 | 4.71 | 5.65 | 6.59 | 7.54 | 8.48 | 9.42 | 10.36 | 11.30 | 13.19 | 15.07 | 16.96 | 18.84 | 20.72 | 23.55 | 26.38 | 28.26 |
| 125 | 2.94 | 3.93 | 4.91 | 5.89 | 6.67 | 7.85 | 8.83 | 9.81 | 10.79 | 11.78 | 13.74 | 15.70 | 17.66 | 19.63 | 21.50 | 24.53 | 27.48 | 29.44 |

注：表中粗线用以划分扁钢的组别：第一组—理论重量 $\leq 19\text{kg/m}$ ，第二组—理论重量 $> 19\text{kg/m}$ 。

3. 热轧等边角钢 (GB9787-88)

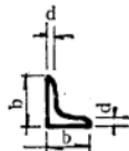


表10-3

| 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | 理论重量 (kg/m) | 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | 理论重量 (kg/m) |
|------|---------|---|----------------|------|---------|---|----------------|
| | b | d | | | b | d | |
| 2 | 20 | 3 | 0.889 | 2.5 | 25 | 3 | 1.124 |
| | | 4 | 1.145 | | | 4 | 1.459 |

(续)

| 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | 理论重量 (kg/m) | 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | 理论重量 (kg/m) |
|------|---------|---|----------------|------|---------|-----|----------------|
| | b | d | | | b | d | |
| 3.0 | 30 | 3 | 1.373 | 5.6 | 56 | 3 | 2.624 |
| | | 4 | 1.786 | | | 4 | 3.446 |
| 3.6 | 36 | 3 | 1.056 | | | 5 | 4.251 |
| | | 4 | 2.163 | | | 8 | 6.568 |
| | | 5 | 2.654 | | | 6.3 | 63 |
| 4 | 40 | 3 | 1.852 | | | | |
| | | 4 | 2.422 | 6 | 5.721 | | |
| | | 5 | 2.976 | 8 | 7.469 | | |
| 4.5 | 45 | 3 | 2.088 | 10 | 9.151 | | |
| | | 4 | 2.736 | 7 | 70 | 4 | 4.372 |
| | | 5 | 3.369 | | | 5 | 5.397 |
| | | 6 | 3.985 | | | 6 | 6.406 |
| 5 | 50 | 3 | 2.332 | | | 7 | 7.398 |
| | | 4 | 3.059 | 8 | 8.373 | | |
| | | 5 | 3.770 | | | | |
| | | 6 | 4.465 | | | | |

(续)

| 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | 理论重量 (kg/m) | 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | 理论重量 (kg/m) |
|------|---------|----|----------------|------|---------|----|----------------|
| | b | d | | | b | d | |
| 7.5 | 75 | 5 | 5.818 | 10 | 100 | 6 | 9.366 |
| | | 6 | 6.905 | | | 7 | 10.830 |
| | | 7 | 7.976 | | | 8 | 12.276 |
| | | 8 | 9.030 | | | 10 | 15.120 |
| | | 10 | 11.039 | | | 12 | 17.898 |
| 8 | 80 | 5 | 6.211 | 11 | 110 | 14 | 20.611 |
| | | 6 | 7.376 | | | 16 | 23.257 |
| | | 7 | 8.525 | | | 7 | 11.928 |
| | | 8 | 9.658 | | | 8 | 13.532 |
| | | 10 | 11.874 | | | 10 | 16.690 |
| 9 | 90 | 6 | 8.350 | 12.5 | 125 | 12 | 19.782 |
| | | 7 | 9.656 | | | 14 | 22.809 |
| | | 8 | 10.946 | | | 8 | 15.504 |
| | | 10 | 13.476 | | | 10 | 19.133 |
| | | 12 | 15.940 | | | 12 | 22.696 |
| | | | | | | 14 | 26.193 |

(续)

| 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | 理论重量 (kg/m) | 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | 理论重量 (kg/m) |
|------|---------|----|----------------|------|---------|----|----------------|
| | b | d | | | b | d | |
| 14 | 140 | 10 | 21.488 | 18 | 180 | 12 | 33.159 |
| | | 12 | 25.522 | | | 14 | 38.383 |
| | | 14 | 29.490 | | | 16 | 43.542 |
| | | 16 | 33.393 | | | 18 | 48.634 |
| 16 | 160 | 10 | 24.729 | 20 | 200 | 14 | 42.894 |
| | | 12 | 29.391 | | | 16 | 48.680 |
| | | 14 | 33.987 | | | 18 | 54.401 |
| | | 16 | 38.518 | | | 20 | 60.056 |
| | | | | | | 24 | 71.168 |

4. 热轧不等边角钢 (GB9788-88)

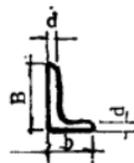


表10-4

| 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 角钢号数 | 尺寸 (mm) | | | 理论重量 (kg/m) | | | | | | |
|---------|---------|----|-------|----------------|-------|---------|----|----|----------------|-------|-------|----|----|---------|-------|
| | B | b | d | | | B | b | d | | | | | | | |
| 2.5/1.6 | 25 | 16 | 3 | 0.912 | 6.3/4 | 63 | 40 | 4 | 3.185 | | | | | | |
| | | | 4 | 1.176 | | | | 5 | 3.920 | | | | | | |
| 3.2/2 | 32 | 20 | 3 | 1.171 | | | | 6 | 4.638 | | | | | | |
| | | | 4 | 1.522 | | | | 7 | 5.339 | | | | | | |
| | | | 4/2.5 | 40 | | | | 25 | 3 | 1.484 | 7/4.5 | 70 | 45 | 4 | 3.570 |
| 4 | 1.936 | 5 | | | | | | | 4.403 | | | | | | |
| 4.5/2.8 | 45 | 28 | | | | | | | 3 | 1.687 | | | | 6 | 5.218 |
| | | | 4 | 2.203 | | | | 7 | 6.011 | | | | | | |
| | | | 5/3.2 | 50 | | | | 32 | 3 | 1.908 | | | | (7.5/5) | 75 |
| 4 | 2.494 | 6 | | | | | | | 5.699 | | | | | | |
| 5.6/3.6 | 56 | 36 | 3 | 2.153 | 8 | 7.431 | | | | | | | | | |
| | | | 4 | 2.818 | 10 | 9.098 | | | | | | | | | |
| | | | 5 | 3.466 | | | | | | | | | | | |

(续)

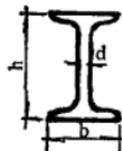
| 角钢号数 | 尺 寸 (mm) | | | 理 论 重 量 (kg/m) | 角钢号数 | 尺 寸 (mm) | | | 理 论 重 量 (kg/m) |
|--------|----------|----|----|-------------------|--------|----------|-----|----|-------------------|
| | B | b | d | | | B | b | d | |
| 8/5 | 80 | 50 | 5 | 5.005 | 11/7 | 110 | 70 | 6 | 8.350 |
| | | | 6 | 5.935 | | | | 7 | 9.656 |
| | | | 7 | 6.848 | | | | 8 | 10.946 |
| | | | 8 | 7.745 | | | | 10 | 13.476 |
| 9/5.6 | 90 | 56 | 5 | 5.661 | 12.5/8 | 125 | 80 | 7 | 11.066 |
| | | | 6 | 6.717 | | | | 8 | 12.551 |
| | | | 7 | 7.756 | | | | 10 | 15.474 |
| | | | 8 | 8.779 | | | | 12 | 18.330 |
| 10/6.3 | 100 | 63 | 6 | 7.550 | 14/9 | 140 | 90 | 8 | 14.160 |
| | | | 7 | 8.722 | | | | 10 | 17.475 |
| | | | 8 | 9.878 | | | | 12 | 20.724 |
| | | | 10 | 12.142 | | | | 14 | 23.908 |
| 10/8 | 100 | 80 | 6 | 8.350 | 16/10 | 160 | 100 | 10 | 19.872 |
| | | | 7 | 9.656 | | | | 12 | 23.592 |
| | | | 8 | 10.946 | | | | 14 | 27.247 |
| | | | 10 | 13.476 | | | | 16 | 30.835 |

(续)

| 角钢号数 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 角钢号数 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) |
|-------|--------|-----|----|----------------|---------|--------|-----|----|----------------|
| | B | b | d | | | B | b | d | |
| 18/11 | 180 | 110 | 10 | 22.273 | 20/12.5 | 200 | 125 | 12 | 29.761 |
| | | | 12 | 26.464 | | | | 14 | 34.436 |
| | | | 14 | 30.589 | | | | 16 | 39.045 |
| | | | 16 | 34.649 | | | | 18 | 43.588 |

注：括号内型号不推荐使用。

5. 热轧工字钢 (GB706-88) (YB163-63)



斜度 1 : 6 (普通)

1 : 12 (轻型)

表10-5

| 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) |
|------------------|--------|----|-----|----------------|------------------|--------|----|-----|----------------|------------------|--------|-----|-----|----------------|
| | h | b | d | | | h | b | d | | | h | b | d | |
| 普通工字钢 (GB706-65) | | | | | 普通工字钢 (GB706-65) | | | | | 普通工字钢 (GB706-65) | | | | |
| 10 | 100 | 68 | 4.5 | 11.2 | 14 | 140 | 80 | 5.5 | 16.9 | 18 | 180 | 94 | 6.5 | 24.1 |
| 12.6 | 126 | 74 | 5 | 14.2 | 16 | 160 | 88 | 6.0 | 20.5 | 20a | 200 | 100 | 7.0 | 27.9 |

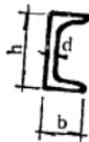
(续)

| 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) |
|------------------|--------|-----|------|----------------|------------------|--------|-----|------|----------------|------------------|--------|-----|-----|----------------|
| | h | b | d | | | h | b | d | | | h | b | d | |
| 普通工字钢 (GB706-65) | | | | | 普通工字钢 (GB706-65) | | | | | 轻型工字钢 (YB163-63) | | | | |
| 20b | 200 | 102 | 9.0 | 31.1 | 45a | 450 | 150 | 11.5 | 80.4 | 14 | 140 | 73 | 4.9 | 13.7 |
| 22a | 220 | 110 | 7.5 | 33.0 | 45b | 450 | 152 | 13.5 | 87.5 | 16 | 160 | 81 | 5.0 | 15 |
| 22b | 220 | 112 | 9.5 | 36.5 | 45c | 450 | 154 | 15.5 | 94.6 | 18 | 180 | 90 | 5.1 | 18.4 |
| 25a | 250 | 116 | 8 | 38.1 | 50a | 500 | 158 | 12.0 | 93.6 | 18a | 180 | 100 | 5.1 | 19.9 |
| 25b | 250 | 118 | 10 | 42.0 | 50b | 500 | 160 | 14.0 | 101 | 20 | 200 | 100 | 5.2 | 21.0 |
| 28a | 280 | 122 | 8.5 | 43.5 | 50c | 500 | 162 | 16.0 | 109 | 20a | 200 | 110 | 5.2 | 22.7 |
| 28b | 280 | 124 | 10.5 | 47.9 | 56a | 560 | 166 | 12.5 | 106.3 | 22 | 220 | 110 | 5.4 | 24.0 |
| 32a | 320 | 130 | 9.5 | 52.7 | 56b | 560 | 168 | 14.5 | 115.1 | 22a | 220 | 120 | 5.4 | 25.8 |
| 32b | 320 | 132 | 11.5 | 57.7 | 56c | 560 | 170 | 16.5 | 123.9 | 24 | 240 | 115 | 5.6 | 27.3 |
| 32c | 320 | 134 | 13.5 | 62.8 | 63a | 630 | 176 | 13.0 | 121.4 | 24a | 240 | 125 | 5.6 | 29.4 |
| 36a | 360 | 136 | 10.0 | 59.9 | 63b | 630 | 178 | 15.0 | 131.3 | 27 | 270 | 125 | 6.0 | 31.5 |
| 36b | 360 | 138 | 12.0 | 65.7 | 63c | 630 | 180 | 17.0 | 141.2 | 27a | 270 | 135 | 6.0 | 33.9 |
| 36c | 360 | 140 | 14.0 | 71.3 | 轻型工字钢 (YB163-63) | | | | | 30 | 300 | 135 | 6.5 | 36.5 |
| 40a | 400 | 142 | 10.5 | 67.6 | 10 | 100 | 55 | 4.5 | 9.46 | 30a | 300 | 145 | 6.5 | 39.2 |
| 40b | 400 | 144 | 12.5 | 73.9 | 12 | 120 | 64 | 4.8 | 11.5 | 33 | 330 | 140 | 7.0 | 42.2 |
| 40c | 400 | 146 | 14.5 | 80.2 | | | | | | 36 | 360 | 145 | 7.5 | 48.6 |

(续)

| 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) |
|-----------------|--------|-----|-----|----------------|-----------------|--------|-----|------|----------------|-----------------|--------|-----|------|----------------|
| | h | b | d | | | h | b | d | | | h | b | d | |
| 轻型工字钢(YB163-63) | | | | | 轻型工字钢(YB163-63) | | | | | 轻型工字钢(YB163-63) | | | | |
| 40 | 400 | 155 | 8.0 | 56.1 | 55 | 550 | 180 | 10.3 | 89.8 | 70 | 700 | 210 | 13.0 | 138 |
| 45 | 450 | 160 | 8.6 | 65.2 | 60 | 600 | 190 | 11.1 | 104 | 70a | 700 | 210 | 15.0 | 158 |
| 50 | 500 | 170 | 9.5 | 76.8 | 65 | 650 | 200 | 12.0 | 120 | 70b | 700 | 210 | 17.5 | 184 |

注: 工字钢长度: 8—18号, 长5—19m; 20—70号, 长6—19m。



斜度 1 : 10

6. 热轧槽钢 (GB707-88) (YB164-36)

表10-6

| 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) |
|----------------|--------|----|-----|----------------|----------------|--------|----|-----|----------------|----------------|--------|----|-----|----------------|
| | h | b | d | | | h | b | d | | | h | b | d | |
| 普通槽钢(GB707-65) | | | | | 普通槽钢(GB707-65) | | | | | 普通槽钢(GB707-65) | | | | |
| 5 | 50 | 37 | 4.5 | 5.44 | 8 | 80 | 43 | 5.0 | 8.04 | 12.6 | 126 | 53 | 5.5 | 12.32 |
| 6.3 | 63 | 40 | 4.8 | 6.63 | 10 | 100 | 48 | 5.3 | 10.00 | 14a | 140 | 58 | 6.0 | 14.53 |

(续)

| 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) | 型号 | 尺寸(mm) | | | 理论重量 (kg/m) |
|-----------------|--------|----|------|----------------|-----------------|--------|-----|------|----------------|-----------------|--------|-----|-----|----------------|
| | h | b | d | | | h | b | d | | | h | b | d | |
| 普通槽钢 (GB707-65) | | | | | 普通槽钢 (GB707-65) | | | | | 轻型槽钢 (YB164-63) | | | | |
| 14b | 140 | 60 | 8.0 | 16.73 | 32b | 320 | 90 | 10.0 | 43.11 | 14a | 140 | 62 | 4.9 | 13.3 |
| 16a | 160 | 63 | 6.5 | 17.24 | 32c | 320 | 92 | 12.0 | 48.13 | 16 | 160 | 64 | 5.0 | 14.2 |
| 16 | 160 | 65 | 8.5 | 19.75 | 36a | 360 | 96 | 9.0 | 47.81 | 16a | 160 | 68 | 5.0 | 15.3 |
| 18a | 180 | 68 | 7.0 | 20.17 | 36b | 360 | 98 | 11.0 | 53.47 | 18 | 180 | 70 | 5.1 | 16.3 |
| 18 | 180 | 70 | 9.0 | 22.99 | 36c | 360 | 100 | 13.0 | 59.12 | 18a | 180 | 74 | 5.1 | 17.4 |
| 20a | 200 | 73 | 7.0 | 22.63 | 40a | 400 | 100 | 10.5 | 58.93 | 20 | 200 | 76 | 5.2 | 18.4 |
| 20 | 200 | 75 | 9.0 | 25.77 | 40b | 400 | 102 | 12.5 | 65.21 | 20a | 200 | 80 | 5.2 | 19.8 |
| 22a | 220 | 77 | 7.0 | 24.99 | 40c | 400 | 104 | 14.5 | 71.49 | 22 | 220 | 82 | 5.4 | 21.0 |
| 22 | 220 | 79 | 9.0 | 28.45 | 轻型槽钢 (YB164-63) | | | | | 22a | 220 | 87 | 5.4 | 22.6 |
| 25a | 250 | 78 | 7.0 | 27.41 | 5 | 50 | 32 | 4.4 | 4.84 | 24 | 240 | 90 | 5.6 | 24.0 |
| 25b | 250 | 80 | 9.0 | 31.34 | 6.5 | 65 | 36 | 4.4 | 5.90 | 24a | 240 | 95 | 5.6 | 25.8 |
| 25c | 250 | 82 | 11.0 | 35.26 | 8 | 80 | 40 | 4.5 | 7.05 | 27 | 270 | 95 | 6.0 | 27.7 |
| 28a | 280 | 82 | 7.5 | 31.42 | 10 | 100 | 46 | 4.5 | 8.59 | 30 | 300 | 100 | 6.5 | 31.8 |
| 28b | 280 | 84 | 9.5 | 35.82 | 12 | 120 | 52 | 4.3 | 10.4 | 33 | 330 | 105 | 7.0 | 36.5 |
| 28c | 280 | 86 | 11.5 | 40.22 | 14 | 140 | 58 | 4.9 | 12.3 | 36 | 360 | 110 | 7.5 | 41.9 |
| 32a | 320 | 88 | 8.0 | 38.08 | | | | | | 40 | 400 | 115 | 8.0 | 48.3 |

注：槽钢长度：5—8号，长5—12m；10—18号，长5—19m；20—40号，长6—19m。

二、钢板及钢带

1. 钢板每平方米面积理论重量表

表 10-7

| 厚度 (mm) | 理论重量 (kg) |
|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| 0.2 | 1.570 | 1.0 | 7.850 | 3.2 | 25.12 | 12 | 94.20 | 25 | 190.3 | 46 | 361.1 |
| 0.25 | 1.963 | 1.1 | 8.635 | 3.5 | 27.48 | 13 | 102.1 | 26 | 204.1 | 48 | 376.8 |
| 0.3 | 2.355 | 1.2 | 9.420 | 3.8 | 29.83 | 14 | 109.9 | 27 | 212.0 | 50 | 392.5 |
| 0.35 | 2.748 | 1.25 | 9.813 | 4.0 | 31.40 | 15 | 117.8 | 28 | 219.8 | 52 | 408.2 |
| 0.4 | 3.140 | 1.4 | 10.99 | 4.5 | 35.33 | 16 | 125.6 | 29 | 227.7 | 54 | 423.9 |
| 0.45 | 3.533 | 1.5 | 11.78 | 5.0 | 39.25 | 17 | 133.5 | 30 | 235.5 | 56 | 439.6 |
| 0.5 | 3.925 | 1.6 | 12.56 | 5.5 | 43.18 | 18 | 141.3 | 32 | 251.2 | 58 | 455.3 |
| 0.55 | 4.318 | 1.8 | 11.13 | 6.0 | 47.10 | 19 | 149.2 | 34 | 266.9 | 60 | 471.0 |
| 0.6 | 4.710 | 2.0 | 15.70 | 7.0 | 54.95 | 20 | 157.0 | 36 | 282.6 | | |
| 0.7 | 5.495 | 2.2 | 17.27 | 8.0 | 62.80 | 21 | 164.9 | 38 | 298.3 | | |
| 0.75 | 5.988 | 2.5 | 19.63 | 9.0 | 70.65 | 22 | 172.7 | 40 | 314.0 | | |
| 0.8 | 6.280 | 2.3 | 21.98 | 10 | 78.50 | 23 | 180.6 | 42 | 329.7 | | |
| 0.9 | 7.065 | 3.0 | 23.55 | 11 | 86.35 | 24 | 188.4 | 44 | 345.4 | | |

2. 各种尺寸钢板面积表

表 10—8

| 长 度 (mm) | 宽 度 (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 500 | 600 | 700 | 710 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1100 | 1250 | 1400 | 1500 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 | 2400 | 2500 |
| 面 积 (m ²) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 | 0.250 | 0.300 | 0.350 | 0.355 | 0.375 | 0.400 | 0.425 | 0.450 | 0.475 | 0.500 | 0.550 | 0.625 | 0.700 | 0.750 | 0.800 | 0.900 | 1.000 | 1.100 | 1.200 | 1.250 |
| 600 | 0.300 | 0.360 | 0.420 | 0.426 | 0.450 | 0.480 | 0.510 | 0.540 | 0.570 | 0.600 | 0.660 | 0.750 | 0.840 | 0.900 | 0.960 | 1.080 | 1.200 | 1.320 | 1.440 | 1.500 |
| 1000 | 0.500 | 0.600 | 0.700 | 0.710 | 0.750 | 0.800 | 0.850 | 0.900 | 0.950 | 1.000 | 1.100 | 1.250 | 1.400 | 1.500 | 1.600 | 1.800 | 2.000 | 2.200 | 2.400 | 2.500 |
| 1200 | 0.600 | 0.720 | 0.840 | 0.852 | 0.900 | 0.960 | 1.020 | 1.080 | 1.140 | 1.200 | 1.320 | 1.500 | 1.680 | 1.800 | 1.920 | 2.160 | 2.400 | 2.640 | 2.880 | 3.000 |
| 1420 | 0.710 | 0.852 | 0.994 | 1.008 | 1.065 | 1.136 | 1.207 | 1.278 | 1.349 | 1.420 | 1.562 | 1.775 | 1.988 | 2.133 | 2.277 | 2.556 | 2.834 | 3.112 | 3.408 | 3.550 |
| 1500 | 0.750 | 0.900 | 1.050 | 1.065 | 1.125 | 1.200 | 1.275 | 1.350 | 1.425 | 1.500 | 1.650 | 1.875 | 2.100 | 2.250 | 2.400 | 2.700 | 3.000 | 3.300 | 3.600 | 3.750 |
| 1700 | 0.850 | 1.020 | 1.190 | 1.207 | 1.275 | 1.360 | 1.445 | 1.530 | 1.615 | 1.700 | 1.870 | 2.125 | 2.370 | 2.550 | 2.720 | 3.060 | 3.400 | 3.740 | 4.080 | 4.250 |
| 1800 | 0.900 | 1.080 | 1.260 | 1.278 | 1.350 | 1.440 | 1.530 | 1.620 | 1.710 | 1.800 | 1.980 | 2.250 | 2.520 | 2.700 | 2.880 | 3.240 | 3.600 | 3.960 | 4.320 | 4.500 |
| 2000 | 1.000 | 1.200 | 1.400 | 1.420 | 1.500 | 1.600 | 1.700 | 1.800 | 1.900 | 2.000 | 2.200 | 2.500 | 2.800 | 3.000 | 3.200 | 3.600 | 4.000 | 4.400 | 4.800 | 5.000 |
| 2200 | 1.100 | 1.320 | 1.540 | 1.562 | 1.650 | 1.760 | 1.870 | 1.980 | 2.090 | 2.200 | 2.420 | 2.750 | 3.080 | 3.300 | 3.520 | 3.960 | 4.400 | 4.840 | 5.280 | 5.500 |
| 2500 | 1.250 | 1.500 | 1.750 | 1.775 | 1.875 | 2.000 | 2.125 | 2.250 | 2.370 | 2.500 | 2.750 | 3.125 | 3.500 | 3.750 | 4.000 | 4.500 | 5.000 | 5.500 | 6.000 | 6.250 |
| 2800 | 1.400 | 1.680 | 1.960 | 1.988 | 2.100 | 2.240 | 2.380 | 2.520 | 2.660 | 2.800 | 3.080 | 3.500 | 3.820 | 4.200 | 4.480 | 5.040 | 5.600 | 6.160 | 6.720 | 7.000 |
| 3000 | 1.500 | 1.800 | 2.100 | 2.130 | 2.250 | 2.400 | 2.550 | 2.700 | 2.850 | 3.000 | 3.300 | 3.750 | 4.200 | 4.500 | 4.800 | 5.400 | 6.000 | 6.600 | 7.200 | 7.500 |
| 3500 | 1.750 | 2.100 | 2.450 | 2.485 | 2.625 | 2.800 | 2.975 | 3.150 | 3.325 | 3.500 | 3.850 | 4.375 | 4.900 | 5.250 | 5.600 | 6.300 | 7.000 | 7.700 | 8.400 | 8.750 |
| 4000 | 2.000 | 2.400 | 2.800 | 2.840 | 3.000 | 3.200 | 3.400 | 3.600 | 3.800 | 4.000 | 4.400 | 5.000 | 5.600 | 6.000 | 6.400 | 7.200 | 8.000 | 8.800 | 9.600 | 10.00 |
| 4200 | 2.100 | 2.520 | 2.940 | 2.982 | 3.150 | 3.360 | 3.570 | 3.780 | 3.990 | 4.200 | 4.620 | 5.250 | 5.880 | 6.300 | 6.720 | 7.560 | 8.400 | 9.240 | 10.08 | 10.50 |
| 4500 | 2.250 | 2.700 | 3.150 | 3.195 | 3.375 | 3.600 | 3.825 | 4.050 | 4.275 | 4.500 | 4.950 | 5.625 | 6.300 | 6.750 | 7.200 | 8.100 | 9.000 | 9.900 | 10.80 | 11.25 |

(续)

| 长 度 (mm) | 宽 度 (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 500 | 600 | 700 | 710 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1100 | 1250 | 1400 | 1500 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 | 2400 | 2500 |
| | 面 积 (m ²) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 | 3.550 | 3.750 | 4.000 | 4.250 | 4.500 | 4.750 | 5.000 | 5.500 | 6.250 | 7.000 | 7.500 | 8.000 | 9.000 | 10.00 | 11.00 | 12.00 | 12.50 |
| 5500 | 2.750 | 3.300 | 3.850 | 3.905 | 4.125 | 4.400 | 4.675 | 4.950 | 5.225 | 5.500 | 6.050 | 6.875 | 7.700 | 8.250 | 8.800 | 9.900 | 11.00 | 12.10 | 13.20 | 13.75 |
| 6000 | 3.000 | 3.600 | 4.200 | 4.260 | 4.500 | 4.800 | 5.100 | 5.400 | 5.700 | 6.000 | 6.600 | 7.500 | 8.400 | 9.000 | 9.600 | 10.80 | 12.00 | 13.20 | 14.40 | 15.00 |
| 7000 | 3.500 | 4.200 | 4.900 | 4.970 | 5.250 | 5.600 | 5.950 | 6.300 | 6.650 | 7.000 | 7.700 | 8.750 | 9.800 | 10.50 | 11.20 | 12.60 | 14.00 | 15.40 | 16.80 | 17.50 |
| 8000 | 4.000 | 4.800 | 5.600 | 5.680 | 6.000 | 6.400 | 6.800 | 7.200 | 7.600 | 8.000 | 8.800 | 10.00 | 11.20 | 12.00 | 12.80 | 14.40 | 16.00 | 17.60 | 19.20 | 20.00 |

3. 热轧厚钢板品种 (GB709-88)

表 10-9

| 厚 度 (mm) | 宽 度 (m) | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | >1.3-1.2 | >1.2-1.5 | >1.5-1.6 | >1.6-1.7 | >1.7-1.8 | >1.8-2.0 | >2.0-2.2 | >2.2-2.5 | >2.5-2.8 | >2.8-3.0 |
| | 最 大 长 度 (m) | | | | | | | | | |
| 4.5-5.5 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 6 | — | — | — | — |
| 6-7 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | — | — | — | — |
| 8-10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | 9 | — | — |

(续)

| 厚 度 (mm) | 宽 度 (m) | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0.6—1.2 | >1.2—1.5 | >1.5—1.6 | >1.6—1.7 | >1.7—1.8 | >1.8—2.0 | >2.0—2.2 | >2.2—2.5 | >2.5—2.8 | >2.8—3.0 |
| | 最 大 长 度 (m) | | | | | | | | | |
| 11—15 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 9 | 8 | 8 | 8 |
| 16—20 | 12 | 12 | 12 | 10 | 10 | 9 | 8 | 7 | 7 | 7 |
| 21—25 | 12 | 11 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 26—30 | 12 | 10 | 9 | 9 | 9 | 8 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 32—34 | 12 | 9 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 5 |
| 36—40 | 10 | 8 | 7 | 7 | 6.5 | 6.5 | 5.5 | 5.5 | 5 | — |
| 42—50 | 9 | 8 | 7 | 7 | 6.5 | 6 | 5 | 4 | — | — |
| 52—60 | 8 | 6 | 6 | 6 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4 | — | — |

注：1.厚度 $>4-6$ mm的，其间隔为0.5mm； $>6-30$ mm的，其间隔为1mm； $>30-60$ mm的，其间隔为2mm。

2.宽度间隔为50mm。

3.长度为100mm的倍数，但不得小于1200mm。

4. 轧制薄钢板品种 (GB708-88)

表 10-10

| 厚 度 (mm) | 宽 度 (mm) | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 500 | 600 | 710 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1100 | 1250 | 1400 | 1500 |
| 长 度 (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| 热 轧 钢 板 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.35, 0.4, 0.45, | | 1200 | | 1000 | | | | | | | | | |
| 0.5, 0.55, 0.6, | 1000 | 1500 | 1000 | 1500 | | | 1500 | 1500 | | | | | |
| 0.7, 0.75 | 1500 | 1800 | 1420 | 1800 | 1500 | 1700 | 1800 | 1900 | 1500 | | | | |
| | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | | | |
| 0.8, 0.9 | | | | 1500 | | 1500 | 1500 | 1500 | | | | | |
| | 1000 | 1200 | 1420 | 1800 | 1500 | 1700 | 1800 | 1900 | 1500 | | | | |
| | 1500 | 1420 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | | | |
| 1.1, 1.1, 1.2, | | | | 1000 | | | 1000 | | | | | | |
| 1.25, 1.4, 1.5, | 1000 | 1200 | 1000 | 1500 | | 1500 | 1500 | 1500 | | | | | |
| 1.6, 1.8 | 1500 | 1420 | 1420 | 1800 | 1500 | 1700 | 1800 | 1900 | 1500 | | | | |
| | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | | | |

(续)

| 厚 度 (mm) | 宽 度 (mm) | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 500 | 600 | 710 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1100 | 1250 | 1400 | 1500 |
| 长 度 (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| 热 轧 钢 板 | | | | | | | | | | | | | |
| 2,2.2,2.5, | | | | | | | 1000 | | | | | | |
| 2.8 | 500 | 600 | 1000 | 1500 | | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 2200 | 2500 | 2800 | |
| | 1000 | 1200 | 1420 | 1800 | 1500 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| | 1500 | 1500 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 3000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 3,3.2,3.5, | | | | 1000 | | | 1000 | | | | | 2800 | |
| | | | | 1500 | | 1500 | 1500 | 1500 | 2000 | 2200 | 2500 | 3000 | 3000 |
| 3.8,4 | 500 | 600 | 1420 | 1800 | 1500 | 1700 | 1800 | 1900 | 3000 | 3000 | 3000 | 3500 | 3500 |
| | 1000 | 1200 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 冷 轧 钢 板 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.2,0.25,0.3, | | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 | | | | | | | |
| 0.4 | 1000 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1500 | | 1500 | | | | |
| | 1500 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1800 | | 2000 | | | | |
| 0.5,0.55,0.6 | | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 | | | | | | | |
| | 1000 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1500 | | 1500 | | | | |
| | 1500 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1800 | | 2000 | | | | |

(续)

| 厚 度 (mm) | 宽 度 (mm) | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| | 500 | 600 | 710 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1100 | 1250 | 1400 | 1500 |

长

度 (mm)

冷 扎 钢 板

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|
| 0.7, 0.75 | 1000 | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 | | | | | | | |
| | 1500 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1500 | | 1500 | | | | |
| 0.8, 0.9 | 1000 | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | | | | | | |
| | 1500 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | | 1500 | 2000 | 2000 | | |
| 1, 1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2 | 1000 | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 | | | | | | 2800 | 2800 |
| | 1500 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | | | 2000 | 2000 | 3000 | 3000 |
| 2.2, 2.5, 2.8, 3, 3.2, 3.5, 3.8, 4 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | | 2000 | 2200 | 2500 | 3500 | 3500 |
| | 500 | 600 | | | | | | | | | | | |
| | 1000 | 1200 | 1420 | 1500 | 1500 | 1500 | | | | | | | |
| | 1500 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | | | | | | | |
| | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1800 | | 2000 | | | | |

5. 镀锌用原板和酸洗薄钢板 (YB181-65)

(1) 镀锌用原板和酸洗薄钢板品种

表 10-11

| 钢板厚度 | 允许偏差 | 钢 板 宽 度 和 长 度 | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| | | 400 × 800 | 510 × 710 | 530 × 760 | 710 × 1420 | 750 × 750 | 750 × 1500 | 750 × 1800 | 800 × 800 | 800 × 1200 | 800 × 1600 | 850 × 1700 | 900 × 900 | 900 × 1800 | 900 × 2000 |
| 0.25 | ±0.05 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.27 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.30 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.35 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.40 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.45 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.50 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.55 | ±0.06 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.60 | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.65 | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.70 | ±0.07 | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.75 | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |

(续)

| 钢板厚度 | 允许偏差 | 钢 板 宽 度 和 长 度 | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| | | 400 × 800 | 510 × 710 | 530 × 760 | 710 × 1420 | 750 × 750 | 750 × 1500 | 750 × 1800 | 800 × 800 | 800 × 1200 | 800 × 1600 | 850 × 1700 | 900 × 900 | 900 × 1800 | 900 × 2000 | 1000 × 2000 |
| 0.99 | ±0.08 | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 0.97 | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 1.0 | ±0.09 | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 1.1 | | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 1.2 | ±0.11 | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 1.3 | | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 1.4 | ±0.12 | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 1.5 | | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 1.6 | ±0.14 | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 1.8 | | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 2.0 | ±0.15 | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |

(单位: mm)

(2) 镀锌用原板和酸洗薄钢板的每张理论重量表

屋面、镀锌及酸洗薄钢板 (YB181-65)

表 10-12

| 厚 度 (mm) | 宽 度 × 长 度 (mm) | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------|---------|---------|--------------|---------|--------------|--------------|--------------|---------|--------------|--------------|---------------|
| | 400×800 | 510×710 | 530×760 | 710× 1420 | 750×750 | 750× 1500 | 750× 1800 | 850× 1700 | 900×900 | 900× 1800 | 900× 2000 | 1000× 2000 |
| | 每 张 理 论 重 量 (kg) | | | | | | | | | | | |
| 0.25 | 0.63 | 0.71 | 0.79 | 1.93 | 1.10 | 2.21 | 2.65 | 2.84 | 1.59 | 3.18 | 3.53 | — |
| 0.30 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 2.37 | 1.32 | 2.65 | 3.18 | 3.40 | 1.91 | 3.82 | 4.24 | — |
| 0.35 | 0.88 | 0.99 | 1.11 | 2.77 | 1.54 | 3.09 | 3.71 | 3.97 | 2.22 | 4.45 | 4.94 | — |
| 0.40 | 1.00 | 1.14 | 1.26 | 3.16 | 1.77 | 3.53 | 4.24 | 4.54 | 2.54 | 5.09 | 5.65 | — |
| 0.45 | 1.13 | 1.28 | 1.42 | 3.56 | 1.99 | 3.97 | 4.77 | 5.10 | 2.86 | 5.72 | 6.36 | — |
| 0.50 | — | 1.41 | 1.58 | 3.96 | 2.21 | 4.42 | 5.30 | 5.67 | 3.18 | 6.36 | 7.06 | 7.85 |
| 0.55 | — | 1.56 | 1.74 | 4.35 | 2.43 | 4.86 | 5.83 | 6.24 | 3.50 | 6.99 | 7.77 | 8.64 |
| 0.60 | — | — | 1.90 | 4.75 | 2.65 | 5.30 | 6.36 | 6.80 | 3.81 | 7.63 | 8.48 | 9.42 |
| 0.65 | — | — | 2.06 | 5.15 | 2.87 | 5.74 | 6.89 | 7.37 | 4.13 | 8.27 | 9.18 | 10.20 |
| 0.70 | — | — | 2.21 | 5.54 | 3.09 | 6.18 | 7.42 | 7.94 | 4.45 | 8.90 | 9.89 | 10.99 |
| 0.75 | — | — | 2.37 | 5.91 | 3.31 | 6.62 | 7.95 | 8.51 | 4.77 | 9.54 | 10.60 | 11.78 |
| 0.80 | — | — | 2.53 | 6.33 | 3.53 | 7.06 | 8.48 | 9.07 | 5.09 | 10.17 | 11.30 | 12.56 |
| 0.90 | — | — | 2.85 | 7.12 | 3.97 | 7.95 | 9.54 | 10.21 | 5.72 | 11.44 | 12.72 | 14.15 |
| 1.00 | — | — | — | 7.91 | 4.42 | 8.83 | 10.60 | 11.34 | 6.36 | 12.72 | 14.13 | 15.70 |
| 1.10 | — | — | — | 8.70 | 4.86 | 9.71 | 11.66 | 12.48 | 6.99 | 13.99 | 15.54 | 17.27 |

(续)

| 厚 度 (mm) | 宽 度 × 长 度 (mm) | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|----------------|
| | 400 × 800 | 510 × 710 | 530 × 760 | 710 × 1420 | 750 × 750 | 750 × 1500 | 750 × 1800 | 850 × 1700 | 900 × 900 | 900 × 1800 | 900 × 2000 | 1000 × 2000 |
| | 每 张 理 论 重 量 (kg) | | | | | | | | | | | |
| 1.20 | — | — | — | 9.50 | 5.30 | 10.60 | 12.72 | 13.61 | 7.63 | 15.26 | 16.96 | 18.84 |
| 1.30 | — | — | — | 10.29 | 5.74 | 11.48 | 13.78 | 14.75 | 8.27 | 16.53 | 18.37 | 20.41 |
| 1.40 | — | — | — | 11.08 | 6.18 | 12.36 | 14.84 | 15.88 | 8.90 | 17.80 | 19.78 | 21.98 |
| 1.50 | — | — | — | 11.87 | 6.62 | 13.25 | 15.90 | 17.01 | 9.54 | 19.07 | 21.20 | 23.55 |
| 1.60 | — | — | — | 12.66 | 7.06 | 14.13 | 16.96 | 18.15 | 20.17 | 20.35 | 22.61 | 25.12 |
| 1.80 | — | — | — | 14.24 | 7.95 | 15.90 | 19.08 | 20.42 | 21.44 | 22.89 | 25.43 | 28.26 |
| 2.00 | — | — | — | 15.83 | 8.83 | 17.66 | 21.20 | 22.68 | 22.72 | 25.43 | 28.26 | 31.40 |

6. 低碳钢冷轧钢带 (YB209-63)

表 10-13

| 厚 度 (mm) | 宽 度 (mm) | | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 | 24 | 26 | 30 | 40 | 46 | 50 |
| | 理 论 重 量 (kg/m) | | | | | | |
| 0.6 | 0.094 | 0.113 | 0.122 | 0.141 | 0.188 | 0.216 | 0.236 |
| 0.8 | 0.126 | 0.151 | 0.163 | 0.188 | 0.251 | 0.289 | 0.314 |
| 1.0 | 0.157 | 0.188 | 0.204 | 0.236 | 0.314 | 0.361 | 0.393 |
| 1.2 | 0.188 | 0.226 | 0.244 | 0.282 | 0.377 | 0.432 | 0.471 |

注: 本表仅为部颁标准“低碳冷轧钢带”(YB209-63)中的一部分。

三、管 材

1. 无缝钢管 (GB8163-87)

表 10-14

| 外径×壁厚 (mm) | 内 径 (mm) | 理论重量 (kg/m) | 净断面积 (cm ²) | 1米长容量 (L/m) | 外圆周长 (mm) | 1米长的外 表面积 (m ² /m) | 1平方米外表 面积的管长 (m/m ²) |
|---------------|-------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------|-------------------------------------|--|
| 6×1.5 | 3 | 0.166 | 0.071 | 0.0071 | 19 | 0.019 | 52.63 |
| 8×2.0 | 4 | 0.296 | 0.126 | 0.0126 | 25 | 0.025 | 40.00 |
| 10×2.0 | 6 | 0.395 | 0.283 | 0.0283 | 31 | 0.031 | 32.26 |
| 14×2.0 | 10 | 0.592 | 0.785 | 0.0785 | 44 | 0.044 | 22.72 |
| 18×2.0 | 14 | 0.789 | 1.540 | 0.1540 | 57 | 0.057 | 17.54 |
| 22×2.0 | 18 | 0.986 | 2.545 | 0.2545 | 69 | 0.069 | 14.49 |
| 25×2.0 | 21 | 1.13 | 3.464 | 0.3464 | 79 | 0.079 | 12.66 |
| 25×2.5 | 20 | 1.39 | 3.142 | 0.3142 | 79 | 0.079 | 12.66 |
| 25×3.0 | 19 | 1.63 | 2.835 | 0.2835 | 79 | 0.079 | 12.66 |
| 32×2.5 | 27 | 1.76 | 5.726 | 0.5726 | 101 | 0.101 | 9.90 |
| 22×3.0 | 26 | 2.15 | 5.309 | 0.5309 | 101 | 0.101 | 9.90 |

(续)

| 外径×壁厚 (mm) | 内 径 (mm) | 理论重量 (kg/m) | 净 断 面 积 (cm ²) | 1米长容量 (L/m) | 外圆周长 (mm) | 1米长的外 表面积 (m ² /m) | 1平方米外表 面积的管长 (m/m ²) |
|---------------|-------------|----------------|-------------------------------|----------------|--------------|-------------------------------------|--|
| 38×2.2 | 33.6 | 1.94 | 8.867 | 0.8867 | 119 | 0.119 | 8.40 |
| 38×2.5 | 33 | 2.19 | 8.553 | 0.8553 | 119 | 0.119 | 8.40 |
| 38×3.0 | 32 | 2.59 | 8.042 | 0.8042 | 119 | 0.119 | 8.40 |
| 38×3.5 | 31 | 2.98 | 7.548 | 0.7548 | 119 | 0.119 | 8.40 |
| 42×2.5 | 37 | 2.44 | 10.752 | 1.0752 | 132 | 0.132 | 7.58 |
| 42×3.0 | 36 | 2.89 | 10.179 | 1.0179 | 132 | 0.132 | 7.58 |
| 45×2.5 | 40 | 2.62 | 12.566 | 1.2566 | 141 | 0.141 | 7.09 |
| 48×3.0 | 42 | 3.33 | 13.854 | 1.3854 | 151 | 0.151 | 6.62 |
| 48×3.5 | 41 | 3.84 | 13.203 | 1.3203 | 151 | 0.151 | 6.62 |
| 51×2.5 | 44 | 4.10 | 15.205 | 1.5205 | 160 | 0.160 | 6.25 |
| 57×3.0 | 51 | 4.00 | 20.428 | 2.0428 | 179 | 0.179 | 5.59 |
| 57×3.5 | 50 | 4.62 | 19.635 | 1.9635 | 179 | 0.179 | 5.59 |
| 70×3.0 | 64 | 4.96 | 32.170 | 3.2170 | 220 | 0.220 | 4.55 |
| 70×3.5 | 63 | 5.74 | 31.172 | 3.1172 | 220 | 0.220 | 4.55 |

(续)

| 外径×壁厚 (mm) | 内径 (mm) | 理论重量 (kg/m) | 净断面积 (cm ²) | 1米长容量 (L/m) | 外圆周长 (mm) | 1米长的外 表面积 (m ² /π) | 1平方米外表 面积的管长 (m/m ²) |
|---------------|------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------|-------------------------------------|--|
| 76×3.0 | 70 | 5.40 | 38.485 | 3.8485 | 239 | 0.239 | 4.18 |
| 76×3.5 | 69 | 6.26 | 37.393 | 3.7393 | 239 | 0.239 | 4.18 |
| 89×3.5 | 82 | 7.38 | 52.810 | 5.2810 | 280 | 0.280 | 3.57 |
| 89×4.0 | 81 | 8.38 | 51.530 | 5.1530 | 280 | 0.280 | 3.57 |
| 89×4.5 | 80 | 9.33 | 50.265 | 5.0265 | 280 | 0.280 | 3.57 |
| 108×4.0 | 100 | 10.26 | 78.540 | 7.8540 | 339 | 0.339 | 2.93 |
| 109×4.5 | 100 | 11.60 | 78.540 | 7.8540 | 342 | 0.342 | 2.92 |
| 133×4.0 | 125 | 12.73 | 122.718 | 12.2718 | 418 | 0.418 | 2.39 |
| 133×4.5 | 124 | 14.26 | 120.763 | 12.0763 | 418 | 0.418 | 2.39 |
| 159×4.5 | 150 | 17.15 | 176.715 | 17.6715 | 500 | 0.500 | 2.00 |
| 159×6.0 | 147 | 22.64 | 169.717 | 16.9717 | 500 | 0.500 | 2.00 |
| 219×6.0 | 207 | 31.52 | 336.535 | 33.6535 | 688 | 0.688 | 1.45 |
| 219×8.0 | 203 | 41.63 | 323.655 | 32.3655 | 688 | 0.688 | 1.45 |

• 605 •

(续)

| 外径×壁厚 (mm) | 内 径 (mm) | 理论重量 (kg/m) | 净断面积 (cm ²) | 1米长容量 (L/m) | 外圆周长 (mm) | 1米长的外 表面积 (m ² /m) | 1平方米外表 面积的管长 (m/m ²) |
|---------------|-------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------|-------------------------------------|--|
| 273×7.0 | 259 | 45.92 | 526.853 | 52.6853 | 858 | 0.858 | 1.17 |
| 273×8.0 | 257 | 52.28 | 518.748 | 51.8748 | 858 | 0.858 | 1.17 |
| 325×8.0 | 309 | 62.54 | 749.906 | 74.9906 | 1021 | 1.021 | 0.98 |
| 325×10.0 | 305 | 77.68 | 730.617 | 73.0617 | 1021 | 1.021 | 0.98 |
| 377×9.0 | 359 | 81.68 | 1012.229 | 101.2229 | 1184 | 1.184 | 0.84 |
| 377×12.0 | 353 | 108.02 | 978.677 | 97.8677 | 1184 | 1.184 | 0.84 |
| 426×10.0 | 406 | 102.59 | 1294.619 | 129.4619 | 1338 | 1.338 | 0.75 |
| 426×12.0 | 402 | 122.52 | 1269.235 | 126.9235 | 1338 | 1.338 | 0.75 |

2. 异形无缝钢管 (GB3094-82, YB435-64)

(1) D-1 方形钢管 (GB3094-82)

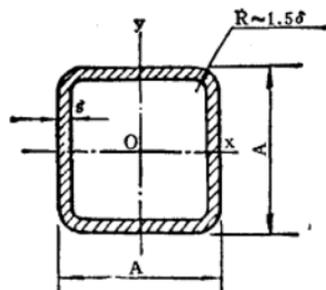


表 10-15

| 尺寸 | | 截面面积 (cm ²) | 理论重量 (kg/m) | 尺寸 | | 截面面积 (cm ²) | 理论重量 (kg/m) |
|----|-----|----------------------------|----------------|----|-----|----------------------------|----------------|
| A | s | | | A | s | | |
| mm | | | | mm | | | |
| 25 | 2.5 | 2.14 | 1.68 | 35 | 2.5 | 3.14 | 2.47 |
| | 3.0 | 2.49 | 1.95 | | 3.0 | 3.69 | 2.89 |
| 30 | 2.5 | 2.64 | 2.08 | | 3.5 | 4.20 | 3.30 |
| | 3.0 | 3.01 | 2.42 | | 4.0 | 4.69 | 3.68 |
| | 3.5 | 3.50 | 2.75 | | 5.0 | 5.58 | 4.38 |
| | 4.0 | 3.89 | 3.12 | | | | |

(续)

| 尺寸 | | 截面面积 (cm ²) | 理论重量 (kg/m) | 尺寸 | | 截面面积 (cm ²) | 理论重量 (kg/m) |
|----|-----|----------------------------|----------------|----|-----|----------------------------|----------------|
| A | s | | | A | s | | |
| mm | | | | mm | | | |
| 40 | 2.5 | 3.64 | 2.86 | 45 | 3.5 | 5.60 | 4.40 |
| | 3.0 | 4.29 | 3.37 | | 4.0 | 6.23 | 4.94 |
| | 3.5 | 4.90 | 3.85 | | 5.0 | 7.53 | 5.95 |
| | 4.0 | 5.49 | 4.31 | | 6.0 | 8.75 | 6.87 |
| | 5.0 | 6.58 | 5.16 | | 7.0 | 9.81 | 7.80 |
| | 6.0 | 7.55 | 5.93 | | | | |

注：1.上表仅为“方形钢管”(GB3094-82)中的一部分。

2.钢管长度：

(1) 通常长度：冷拔管——1.5—9m 热轧管——2.5—12.5m

(2) 定尺长度：定尺长度在通常长度范围内(由供需双方协议规定)，长度允许偏差为+15mm。

3.根据需方要求，经供需双方协议，可制造大于以上长度规定的钢管。

4.经供需双方协议，对通常长度的钢管，允许交付占总重量不大于10%的短尺钢管。对定尺钢管，如需方事前未提出特殊要求，亦可交付占总重量不大于10%的定尺钢管或短尺钢管。短尺钢管长度：冷拔管——0.5—<1.5m 热轧管——1.5—<2.5m。

(2) D-2 矩形钢管 (GB3094-82)

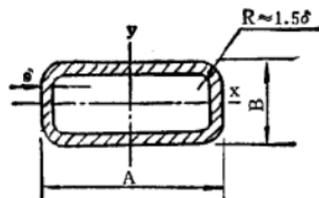


表 10-16

| 尺 寸 | | | 截面面积 (cm^2) | 理论重量 (kg/m) | 尺 寸 | | | 截面面积 (cm^2) | 理论重量 (kg/m) | |
|-----|----|-----|---------------------------|---------------------------|-----|-----|-----|---------------------------|---------------------------|------|
| A | B | s | | | A | B | s | | | |
| mm | | | | | mm | | | | | |
| 25 | 13 | 2.0 | 1.17 | 0.92 | 40 | 16 | 2.5 | 2.44 | 1.92 | |
| | | 2.5 | 1.39 | 1.09 | | | 3.0 | 2.85 | 2.23 | |
| | 15 | 2.0 | 1.37 | 1.08 | | | 3.5 | 3.22 | 2.53 | |
| | | 2.5 | 1.64 | 1.29 | | | 4.0 | 3.57 | 2.80 | |
| 30 | 12 | 2.0 | 1.45 | 1.14 | | 2.5 | 20 | 2.5 | 2.64 | 2.07 |
| | | 2.5 | 1.74 | 1.37 | | | | 3.0 | 3.09 | 2.42 |
| | | 3.0 | 2.01 | 1.57 | | 3.5 | | 3.50 | 2.75 | |
| 35 | 14 | 2.0 | 1.73 | 1.36 | | 4.0 | | 3.86 | 3.05 | |
| | | 2.5 | 2.09 | 1.64 | | | | | | |
| | | 3.0 | 2.43 | 1.90 | | | | | | |
| | | 3.5 | 2.73 | 2.14 | | | | | | |

(续)

| 尺寸 | | | 截面面积 (cm^2) | 理论重量 (kg/m) |
|------|----|-----|---------------------------|---------------------------|
| A | B | s | | |
| (mm) | | | | |
| 40 | 25 | 2.5 | 2.89 | 2.27 |
| | | 3.0 | 3.39 | 2.66 |
| | | 3.5 | 3.85 | 3.02 |
| | | 4.0 | 4.29 | 3.36 |
| 45 | 30 | 2.5 | 3.39 | 2.66 |
| | | 3.0 | 4.99 | 3.13 |
| | | 3.5 | 4.55 | 3.57 |
| | | 4.0 | 5.09 | 3.99 |

注：1. 上表仅为“矩形钢管”（GB3094-82）中的一部分。

2. 钢管的长度及允许偏差按GB3094-82的规定。

(3) 半圆形钢管 (YB435-64)

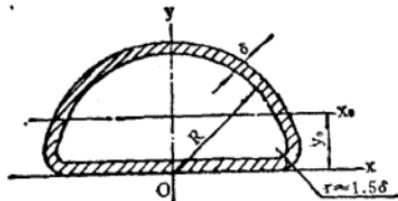


表 10-17

| 尺寸 | | 截面面积 (cm ²) | 理论重量 (kg/m) | 到重心的 距离 y ₀ (mm) | 尺寸 | | 截面面积 (cm ²) | 理论重量 (kg/m) | 到重心的 距离 y ₀ (mm) | 尺寸 | | 截面面积 (cm ²) | 理论重量 (kg/m) | 到重心的 距离 y ₀ (mm) |
|------|-----|----------------------------|----------------|-----------------------------------|------|-----|----------------------------|----------------|-----------------------------------|----|-----|----------------------------|----------------|-----------------------------------|
| R | δ | | | | R | δ | | | | R | δ | | | |
| mm | | | | | mm | | | | | mm | | | | |
| 25 | 2.0 | 2.4165 | 1.897 | 9.88 | 30 | 2.0 | 2.9336 | 2.303 | 11.82 | 35 | 2.0 | 3.4549 | 2.712 | 13.77 |
| | 2.5 | 2.9820 | 2.341 | 9.82 | | 2.5 | 3.6265 | 2.847 | 11.76 | | 2.5 | 4.2631 | 3.347 | 13.71 |
| | 3.0 | 3.5233 | 2.766 | 9.76 | | 3.0 | 4.2965 | 3.373 | 11.71 | | 3.0 | 5.0918 | 3.997 | 13.66 |
| | 4.0 | 4.2569 | 3.342 | 9.65 | | 4.0 | 5.2103 | 4.090 | 11.60 | | 4.0 | 6.1512 | 4.829 | 13.51 |
| 27.5 | 2.0 | 2.6866 | 2.109 | 10.85 | 32.5 | 2.0 | 3.1976 | 2.510 | 12.79 | | | | | |
| | 2.5 | 3.3140 | 2.601 | 10.79 | | 2.5 | 3.9275 | 3.083 | 12.73 | | | | | |
| | 3.0 | 3.9052 | 3.066 | 10.72 | | 3.0 | 4.6771 | 3.672 | 12.68 | | | | | |
| | 4.0 | 4.7336 | 3.716 | 10.62 | | 4.0 | 5.6704 | 4.451 | 12.57 | | | | | |

注：1. 上表仅为部颁标准“半圆形钢管”（YB435-64）中的一部分。 2. 钢管的长度按YB435-64的规定。

标记举例：尺寸R=30mm, δ=3mm, 用10号钢制造的半圆形钢管, 其标记为：半圆管10-30×3-YB435-64。

3. 低压流体输送用焊接钢管 (GB3092-82) 镀锌焊接钢管 (GB3091-82)

表 10-18

| 公称口径 | | 钢 管 | | | | | 管 螺 纹 | | | | 每米钢管分配的管接头重量 (以每6米一个管接头计算) (kg) |
|------|-------|-------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|---------------|----------|----------------|----------------|---------------------------------|
| mm | 英寸 | 外 径 (mm) | 普 通 管 | | 加 厚 管 | | 基面处外径 (mm) | 每吋 牙数 | 螺 纹 长 度 (mm) | | |
| | | | 壁 厚 (mm) | 不计管接头的理论重量 (kg/m) | 壁 厚 (mm) | 不计管接头的理论重量 (kg/m) | | | 圆 锥 形 管 螺 纹 | 圆 柱 形 管 螺 纹 | |
| 6 | 1/8 | 10.00 | 2.00 | 0.39 | 2.50 | 0.46 | — | — | — | — | — |
| 8 | 1/4 | 13.50 | 2.25 | 0.62 | 2.75 | 0.73 | — | — | — | — | — |
| 10 | 3/8 | 17.00 | 2.25 | 0.82 | 2.75 | 0.97 | — | — | — | — | — |
| 15 | 1/2 | 21.25 | 2.75 | 1.25 | 3.25 | 1.44 | 20.956 | 14 | 12 | 14 | 0.01 |
| 20 | 3/4 | 26.75 | 2.75 | 1.63 | 3.50 | 2.01 | 26.442 | 14 | 14 | 16 | 0.02 |
| 25 | 1 | 33.50 | 3.25 | 2.42 | 4.00 | 2.91 | 33.250 | 11 | 15 | 18 | 0.03 |
| 32 | 1 1/4 | 42.25 | 3.25 | 3.13 | 4.00 | 3.77 | 41.912 | 11 | 17 | 20 | 0.04 |
| 40 | 1 1/2 | 48.00 | 3.50 | 3.84 | 4.25 | 4.58 | 47.805 | 11 | 19 | 22 | 0.06 |
| 50 | 2 | 60.00 | 3.50 | 4.88 | 4.50 | 6.16 | 59.616 | 11 | 22 | 24 | 0.08 |
| 65 | 2 1/2 | 75.50 | 3.75 | 6.64 | 4.50 | 7.82 | 75.187 | 11 | 23 | 27 | 0.13 |
| 80 | 3 | 88.50 | 4.00 | 8.34 | 4.75 | 9.81 | 87.887 | 11 | 32 | 30 | 0.2 |
| 100 | 4 | 114.00 | 4.00 | 10.85 | 5.00 | 13.44 | 113.034 | 11 | 38 | 36 | 0.4 |
| 125 | 5 | 140.00 | 4.50 | 15.04 | 5.50 | 18.24 | 138.435 | 11 | 41 | 38 | 0.6 |
| 150 | 6 | 165.00 | 4.50 | 17.81 | 5.50 | 21.63 | 163.836 | 11 | 45 | 42 | 0.8 |

注: 1. 公称口径近似内径的名义尺寸, 它不表示公称外径减 2 个公称壁厚 所得的内径。

2. 钢管按管端形式分为: 带螺纹钢管和不带螺纹钢管。

3. 镀锌钢管比不镀锌钢管重 3—6%。

4.紫铜(YB447-70)及黄铜(YB448-71)拉制管

表 10-19

| 外径×壁厚 (mm) | 内 径 (mm) | 理论重量 紫铜 黄铜 (kg/m) | 净断面积 (cm ²) | 1米长容量 (L/m) | 外圆周长 (mm) | 1米长的外 表 面 积 (m ² /m) | 1平方米外 表面的长度 (m/m ²) |
|---------------|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 3×0.5 | 2 | $\frac{0.035}{0.0334}$ | 0.031 | 0.0031 | 9.4 | 0.0094 | 106.38 |
| 4×0.5 | 3 | $\frac{0.049}{0.0467}$ | 0.071 | 0.0071 | 12.6 | 0.0126 | 79.37 |
| 5×0.5 | 4 | $\frac{0.063}{0.0601}$ | 0.126 | 0.0126 | 15.7 | 0.0157 | 63.69 |
| 5×1.0 | 3 | $\frac{0.112}{0.107}$ | 0.071 | 0.0071 | 15.7 | 0.0157 | 63.69 |
| 6×0.5 | 5 | $\frac{0.077}{0.0734}$ | 0.196 | 0.0196 | 18.8 | 0.0188 | 53.19 |
| 6×1.0 | 4 | $\frac{0.140}{0.134}$ | 0.126 | 0.0126 | 18.8 | 0.0188 | 53.19 |
| 6×1.5 | 3 | $\frac{0.189}{0.180}$ | 0.071 | 0.0071 | 18.8 | 0.0188 | 53.19 |
| 8×0.5 | 7 | $\frac{0.105}{0.100}$ | 0.385 | 0.0385 | 25.1 | 0.0251 | 39.84 |

(续)

| 外径×壁厚 (mm) | 内径 (mm) | 理论重量 紫铜 黄铜 (kg/m) | 净断面积 (cm ²) | 1米长容量 (L/m) | 外圆周长 (mm) | 1米长的外 表面积 (m ² /m) | 1平方米外 表面的长度 (m/m ²) |
|---------------|------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 8×1.0 | 6 | $\frac{0.196}{0.187}$ | 0.283 | 0.0283 | 25.1 | 0.0251 | 39.84 |
| 8×2.0 | 4 | $\frac{0.335}{0.320}$ | 0.126 | 0.0126 | 25.1 | 0.0251 | 39.84 |
| 10×0.5 | 9 | $\frac{0.133}{0.127}$ | 0.636 | 0.0636 | 31.4 | 0.0314 | 31.85 |
| 10×1.0 | 8 | $\frac{0.252}{0.240}$ | 0.503 | 0.0503 | 31.4 | 0.0314 | 31.85 |
| 10×1.5 | 7 | $\frac{0.356}{0.340}$ | 0.385 | 0.0385 | 31.4 | 0.0314 | 31.85 |
| 10×2.0 | 6 | $\frac{0.447}{0.427}$ | 0.283 | 0.0283 | 31.4 | 0.0314 | 31.85 |
| 12×1.0 | 10 | $\frac{0.307}{0.294}$ | 0.785 | 0.0785 | 37.7 | 0.0377 | 26.53 |
| 12×1.5 | 9 | $\frac{0.440}{0.420}$ | 0.636 | 0.0636 | 37.7 | 0.0377 | 26.53 |
| 12×2.0 | 8 | $\frac{0.559}{0.534}$ | 0.503 | 0.0503 | 37.7 | 0.0377 | 26.53 |

(续)

| 外径×壁厚 (mm) | 内 径 (mm) | 理论重量 黄铜 (kg/m) | 净断面积 (cm ²) | 1米长容量 (L/m) | 外圆周长 (mm) | 1米长的外 表 面 积 (m ² /m) | 1平方米外 表面的长度 (m/m ²) |
|---------------|-------------|-----------------------|----------------------------|----------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 16×1.0 | 14 | $\frac{0.419}{0.400}$ | 1.539 | 0.1539 | 50.3 | 0.0503 | 19.88 |
| 16×1.5 | 13 | $\frac{0.608}{0.581}$ | 1.327 | 0.1327 | 50.3 | 0.0503 | 19.88 |
| 16×2.0 | 12 | $\frac{0.782}{0.747}$ | 1.131 | 0.1131 | 50.3 | 0.0503 | 19.88 |
| 16×2.5 | 11 | $\frac{0.943}{0.891}$ | 0.950 | 0.0950 | 50.3 | 0.0503 | 19.88 |
| 18×1.5 | 15 | $\frac{0.692}{0.661}$ | 1.767 | 0.1767 | 56.5 | 0.0565 | 17.70 |
| 18×2.0 | 14 | $\frac{0.894}{0.854}$ | 1.539 | 0.1539 | 56.5 | 0.0565 | 17.70 |
| 18×3.0 | 12 | $\frac{1.258}{1.201}$ | 1.131 | 0.1131 | 56.5 | 0.0565 | 17.70 |
| 20×1.5 | 17 | $\frac{0.775}{0.741}$ | 2.270 | 0.2270 | 62.8 | 0.0628 | 15.92 |
| 20×2.0 | 16 | $\frac{1.006}{0.961}$ | 2.011 | 0.2011 | 62.8 | 0.0628 | 15.92 |

(续)

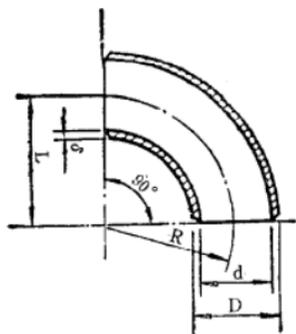
| 外径×壁厚 (mm) | 内径 (mm) | 理论重量 紫铜 黄铜 (kg/m) | 净断面积 (cm ²) | 1米长容量 (L/m) | 外圆周长 (mm) | 1米长的外 表面积 (m ² /m) | 1平方米外 表面的长度 (m/m ²) |
|---------------|------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 20×3.0 | 14 | $\frac{1.425}{1.361}$ | 1.539 | 0.1539 | 62.8 | 0.0628 | 15.92 |
| 22×2.0 | 18 | $\frac{1.118}{1.068}$ | 2.545 | 0.2545 | 69.1 | 0.0691 | 14.47 |
| 22×3.0 | 16 | $\frac{1.593}{1.521}$ | 2.011 | 0.2011 | 69.1 | 0.0691 | 14.47 |
| 22×4.0 | 14 | $\frac{2.012}{1.922}$ | 1.539 | 0.1539 | 69.1 | 0.0691 | 14.47 |
| 25×2.0 | 21 | $\frac{1.286}{1.228}$ | 3.464 | 0.3464 | 78.5 | 0.0785 | 12.74 |
| 25×2.5 | 20 | $\frac{1.572}{1.501}$ | 3.142 | 0.3142 | 78.5 | 0.0785 | 12.74 |
| 25×3.0 | 19 | $\frac{1.844}{1.761}$ | 2.835 | 0.2835 | 78.5 | 0.0785 | 12.74 |
| 25×4.0 | 17 | $\frac{2.348}{2.242}$ | 2.270 | 0.2270 | 78.5 | 0.0785 | 12.74 |

(续)

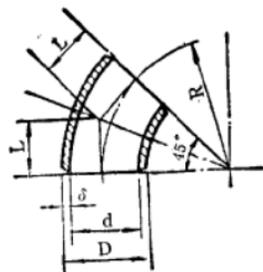
| 外径×壁厚 (mm) | 内径 (mm) | 理论重量 紫铜 黄铜 (kg/m) | 净断面积 (cm ²) | 1米长容量 (L/m) | 外圆周长 (mm) | 1米长的外表面积 (m ² /m) | 1平方米外表面的长度 (m/m ²) |
|---------------|------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 28×2.0 | 24 | $\frac{1.453}{1.388}$ | 4.524 | 0.4524 | 88.0 | 0.0880 | 11.36 |
| 28×3.0 | 22 | $\frac{2.096}{2.002}$ | 3.801 | 0.3801 | 88.0 | 0.0880 | 11.36 |
| 28×4.0 | 20 | $\frac{2.683}{2.562}$ | 3.142 | 0.3142 | 88.0 | 0.0880 | 11.36 |
| 28×5.0 | 18 | $\frac{3.214}{3.069}$ | 2.545 | 0.2545 | 88.0 | 0.0880 | 11.36 |
| 30×2.0 | 26 | $\frac{1.565}{1.495}$ | 5.309 | 0.5309 | 94.2 | 0.0942 | 10.62 |
| 30×2.5 | 25 | $\frac{1.922}{1.835}$ | 4.909 | 0.4909 | 94.2 | 0.0942 | 10.62 |
| 30×3.0 | 24 | $\frac{2.264}{2.162}$ | 4.524 | 0.4524 | 94.2 | 0.0942 | 10.62 |
| 30×4.0 | 22 | $\frac{2.906}{2.776}$ | 3.801 | 0.3801 | 94.2 | 0.0942 | 10.62 |

四、管 件

1. 钢管45°、90°弯头



90°弯头 $R = 1.5D_g$ $R = 1D_g$



45°弯头 $R = 1.5D_g$ $R = 1D_g$

表10—20

| 公称直径 D_g (mm) | 外 径 D (mm) | 壁 厚 δ (mm) | $R = 1.5D_g$ | | | | $R = 1D_g$ | | | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|---------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | | | 弯曲半径 R (mm) | 90°弯头 | | 45°弯头 | | 弯曲半径 R (mm) | 90°弯头 | | 45°弯头 | |
| | | | | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) | | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) |
| 15 | 20 | 2.5 | 22.5 | 22.5 | | | | 15 | 15 | | | |
| 20 | 25 | 2.5 3.0 | 30 | 30 | | | | 20 | 20 | | | |

(续)

| 公称直径 Dg (mm) | 外 径 D (mm) | 壁 厚 δ (mm) | R = 1.5Dg | | | | | R = 1Dg | | | | |
|--------------------|------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | | 弯曲半径 R (mm) | 90°弯头 | | 45°弯头 | | 弯曲半径 R (mm) | 90°弯头 | | 45°弯头 | |
| | | | | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) | | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) |
| 25 | 32 | 3 | 38 | 38 | 0.13 | 15 | 0.06 | 25 | 25 | 0.08 | 10 | 0.04 |
| | | 4 | | | 0.17 | | 0.08 | | | 0.41 | | 0.06 |
| 32 | 38 | 3.5 | 48 | 48 | 0.23 | 20 | 0.11 | 32 | 32 | 0.15 | 13 | 0.08 |
| | | 4 | | | 0.25 | | 0.13 | | | 0.17 | | 0.09 |
| 40 | 45 | 3.5 | 60 | 60 | 0.34 | 25 | 0.17 | 40 | 40 | 0.23 | 17 | 0.12 |
| | | 4 | | | 0.38 | | 0.19 | | | 0.25 | | 0.13 |
| 50 | 57 | 3.5 | 75 | 75 | 0.55 | 31 | 0.27 | 50 | 50 | 0.36 | 21 | 0.18 |
| | 60 | 3.5 | | | 0.57 | | 0.29 | | | 0.38 | | 0.19 |
| | 60 | 4 | | | 0.65 | | 0.33 | | | 0.43 | | 0.22 |
| 65 | 73 | 4 | 98 | 98 | 1.05 | 11 | 0.53 | 65 | 65 | 0.70 | 27 | 0.35 |
| | 76 | 4 | | | 1.09 | | 0.55 | | | 0.73 | | 0.37 |
| | 76 | 5 | | | 1.35 | | 0.67 | | | 0.89 | | 0.45 |

(续)

| 公称直径 Dg (mm) | 外径 D (mm) | 壁厚 δ (mm) | R = 1.5Dg | | | | | R = 1Dg | | | | | | |
|--------------------|-----------------|------------------------|-------------------|------------------|------------|------------------|------------|-------------------|------------------|------------|------------------|------------|------|------|
| | | | 弯曲半径 R (mm) | 90°弯头 | | 45°弯头 | | 弯曲半径 R (mm) | 90°弯头 | | 45°弯头 | | | |
| | | | | 结构长 L (mm) | 重量 (kg) | 结构长 L (mm) | 重量 (kg) | | 结构长 L (mm) | 重量 (kg) | 结构长 L (mm) | 重量 (kg) | | |
| 80 | 89 | 4 | 120 | 120 | 1.58 | 50 | 0.79 | 80 | 80 | 1.05 | 33 | 0.53 | | |
| | | 5 | | | 1.95 | | | | | 0.98 | | | 1.30 | 0.65 |
| 100 | 108 | 4 | 150 | 150 | 2.43 | 62 | 1.21 | 100 | 100 | 1.61 | 42 | 0.81 | | |
| | 108 | 5 | | | 2.09 | | | | | 1.50 | | | 2.00 | 1.00 |
| | 114 | 5 | | | 3.17 | | | | | 1.58 | | | 2.11 | 1.06 |
| 125 | 133 | 4 | 190 | 190 | 3.80 | 78 | 1.90 | 125 | 125 | 2.50 | 52 | 1.25 | | |
| | 133 | 5 | | | 4.71 | | | | | 2.35 | | | 3.10 | 1.55 |
| | 140 | 5 | | | 4.97 | | | | | 2.49 | | | 3.27 | 1.64 |
| 150 | 159 | 4.5 | 225 | 225 | 6.06 | 93 | 3.03 | 150 | 150 | 4.04 | 62 | 2.02 | | |
| | 159 | 5 | | | 6.71 | | | | | 3.36 | | | 4.47 | 2.24 |
| | 168 | 5 | | | 8.47 | | | | | 4.24 | | | 5.65 | 2.83 |

(续)

| 公称直径 Dg (mm) | 外 径 D (mm) | 壁 厚 δ (mm) | R = 1.5Dg | | | | | R = 1Dg | | | | |
|--------------------|------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | | 弯曲半径 R (mm) | 90°弯头 | | 45°弯头 | | 弯曲半径 R (mm) | 90°弯头 | | 45°弯头 | |
| | | | | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) | | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) | 结构长 L (mm) | 重 量 (kg) |
| 200 | 219 | 6 | 300 | 300 | 14.85 | 124 | 7.43 | 200 | 200 | 9.90 | 83 | 4.95 |
| | 219 | 8 | | 300 | 19.62 | | 9.81 | | 13.08 | 6.54 | | |
| 250 | 273 | 7 | 375 | 375 | 27.05 | 155 | 13.53 | 250 | 250 | 18.03 | 104 | 9.02 |
| | | 8 | | 375 | 30.80 | | 15.40 | | 20.53 | 10.27 | | |
| 300 | 325 | 8 | 450 | 450 | 44.21 | 186 | 22.10 | 300 | 300 | 29.47 | 124 | 14.74 |
| | | 9 | | 450 | 49.58 | | 24.79 | | 33.05 | 16.53 | | |
| 350 | 377 | 9 | 525 | 525 | 67.36 | 218 | 33.68 | 350 | 350 | 44.91 | 145 | 22.46 |
| | | 10 | | 525 | 74.84 | | 37.32 | | 49.76 | 24.88 | | |
| 400 | 426 | 10 | 600 | 600 | 96.69 | 249 | 48.35 | 400 | 400 | 64.46 | 166 | 32.23 |

2. 钢管异径同心接头

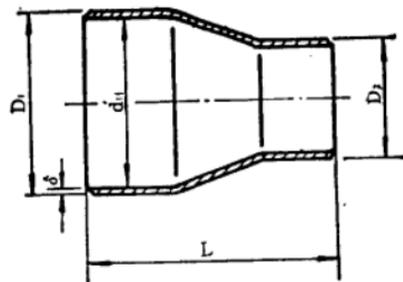


表 10—21

| 公称直径 Dg (mm) | 外 径 | | 结构长度 (L) | $p_1 \leq 3.92 \text{MPa}$ | | | $p_1 \leq 6.28 \text{MPa}$ | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|-------------|----------------------------|---------------|-------------|----------------------------|---------------|-------------|
| | D ₁ (mm) | D ₂ (mm) | | 内 径 d ₁ (mm) | 壁 厚 s (mm) | 重 量 (kg) | 内 径 d ₁ (mm) | 壁 厚 s (mm) | 重 量 (kg) |
| 25 × 20 | 32 | 25 | 70 | 27 | 2.5 | 0.13 | 26 | 3.0 | 0.15 |
| 25 × 15 | 32 | 18 | 70 | 27 | 2.5 | 0.13 | 26 | 3.0 | 0.15 |
| 32 × 25 | 38 | 32 | 70 | 32 | 3.0 | 0.18 | 31 | 3.5 | 0.21 |
| 32 × 20 | 38 | 25 | 70 | 32 | 3.0 | 0.18 | 31 | 3.5 | 0.21 |
| 40 × 32 | 45 | 38 | 80 | 39 | 3.0 | 0.25 | 38 | 3.5 | 0.29 |
| 40 × 25 | 45 | 32 | 80 | 39 | 3.0 | 0.25 | 38 | 3.5 | 0.29 |
| 40 × 20 | 45 | 25 | 80 | 39 | 3.0 | 0.25 | 38 | 3.5 | 0.29 |

(续)

| 公称直径 D _g (mm) | 外 径 | | 结构长度 (L) | p ₁ ≤ 3.92MPa | | | p ₁ ≤ 6.28MPa | | |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|-------------|--------------------------|--------|------|--------------------------|--------|------|
| | D ₁ (mm) | D ₂ (mm) | | 内 径 | 壁 厚 | 重 量 | 内 径 | 壁 厚 | 重 量 |
| | | | | d ₁ (mm) | s (mm) | (kg) | d ₁ (mm) | s (mm) | (kg) |
| 50 × 40 | 57 | 45 | 80 | 51 | 3.0 | 0.32 | 49 | 4.0 | 0.42 |
| 50 × 32 | 57 | 38 | 80 | 51 | 3.0 | 0.32 | 49 | 4.0 | 0.42 |
| 50 × 25 | 57 | 32 | 80 | 51 | 3.0 | 0.32 | 49 | 4.0 | 0.42 |
| 65 × 50 | 76 | 57 | 90 | 69 | 3.5 | 0.56 | 67 | 4.5 | 0.71 |
| 65 × 40 | 76 | 45 | 90 | 69 | 3.5 | 0.56 | 67 | 4.5 | 0.71 |
| 65 × 32 | 76 | 38 | 90 | 69 | 3.5 | 0.56 | 67 | 4.5 | 0.71 |
| 80 × 65 | 89 | 76 | 100 | 82 | 3.5 | 0.74 | 79 | 5.0 | 1.0 |
| 80 × 50 | 89 | 57 | 100 | 82 | 3.5 | 0.74 | 79 | 5.0 | 1.0 |
| 80 × 40 | 89 | 45 | 100 | 82 | 3.5 | 0.74 | 79 | 5.0 | 1.0 |
| 100 × 80 | 108 | 89 | 130 | 100 | 4.0 | 1.3 | 96 | 6.0 | 2.0 |
| 100 × 65 | 108 | 76 | 130 | 100 | 4.0 | 1.3 | 96 | 6.0 | 2.0 |
| 100 × 50 | 108 | 57 | 130 | 100 | 4.0 | 1.3 | 96 | 6.0 | 2.0 |
| 125 × 100 | 133 | 108 | 140 | 124 | 4.5 | 2.0 | 119 | 7.0 | 3.1 |
| 125 × 80 | 133 | 89 | 140 | 124 | 4.5 | 2.0 | 119 | 7.0 | 3.1 |
| 125 × 65 | 133 | 76 | 140 | 124 | 4.5 | 2.0 | 119 | 7.0 | 3.1 |
| 150 × 125 | 159 | 133 | 160 | 149 | 5.0 | 3.0 | 143 | 8.0 | 4.8 |

(续)

| 公称直径 D_g (mm) | 外 径 | | 结构长度 (L) | $p_1 \leq 3.92 \text{MPa}$ | | | $p_1 \leq 6.28 \text{MPa}$ | | |
|-----------------------|------------|------------|-----------------|----------------------------|--------|------|----------------------------|--------|------|
| | | | | 内 径 | 壁 厚 | 重 量 | 内 径 | 壁 厚 | 重 量 |
| | D_1 (mm) | D_2 (mm) | | d_1 (mm) | s (mm) | (kg) | d_1 (mm) | s (mm) | (kg) |
| 150×100 | 159 | 108 | 160 | 149 | 5.0 | 3.0 | 143 | 8.0 | 4.8 |
| 150×80 | 159 | 89 | 160 | 149 | 5.0 | 3.0 | 143 | 8.0 | 4.8 |
| 200×150 | 219 | 159 | 200 | 207 | 6.0 | 6.3 | 199 | 10.0 | 10 |
| 200×125 | 219 | 133 | 200 | 207 | 6.0 | 6.3 | 199 | 10.0 | 10 |
| 200×100 | 219 | 108 | 200 | 207 | 6.0 | 6.3 | 199 | 10.0 | 10 |
| 250×200 | 273 | 219 | 250 | 259 | 7.0 | 12 | 249 | 12.0 | 19 |
| 250×150 | 273 | 159 | 250 | 259 | 7.0 | 12 | 249 | 12.0 | 19 |
| 250×125 | 273 | 133 | 250 | 259 | 7.0 | 12 | 249 | 12.0 | 19 |
| 300×250 | 325 | 273 | 300 | 309 | 8.0 | 19 | 297 | 14.0 | 32 |
| 300×200 | 325 | 219 | 300 | 309 | 8.0 | 19 | 297 | 14.0 | 32 |
| 300×150 | 325 | 159 | 300 | 309 | 8.0 | 19 | 297 | 14.0 | 32 |
| 350×300 | 377 | 325 | 350 | 359 | 9.0 | 29 | 345 | 16.0 | 50 |
| 350×250 | 377 | 273 | 350 | 359 | 9.0 | 29 | 345 | 16.0 | 50 |
| 350×200 | 377 | 219 | 350 | 359 | 9.0 | 29 | 345 | 16.0 | 50 |
| 400×350 | 426 | 377 | 400 | 406 | 10.0 | 41 | 390 | 18.0 | 72 |
| 400×300 | 426 | 325 | 400 | 406 | 10.0 | 41 | 390 | 18.0 | 72 |

3. 钢管等径三通接头

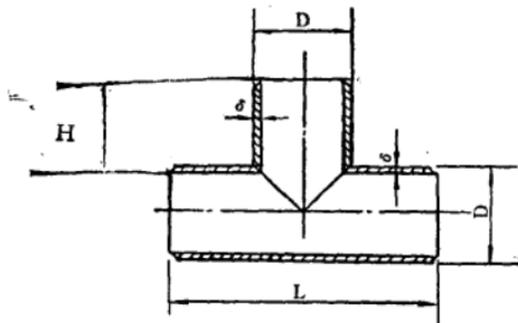


表 10-22

| 公称直径 (mm) | 尺 寸 | | | 主 管 重 量 (kg) | 支 管 重 量 (kg) | 总 重 (kg) | 公称直径 (mm) | 尺 寸 | | | 主 管 重 量 (kg) | 支 管 重 量 (kg) | 总 重 (kg) |
|--------------|---------|-----|-----|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------|-------|-----|-----|--------------------------|--------------------------|-------------|
| | D×δ | L | H | | | | | D×δ | L | H | | | |
| 65 | 73×3 | 340 | 170 | 2.16 | 0.976 | 3.14 | 200 | 219×6 | 550 | 275 | 22.8 | 9.33 | 32.1 |
| 80 | 89×3.5 | 360 | 180 | 3.13 | 1.39 | 4.52 | 250 | 273×7 | 650 | 325 | 41.1 | 16.40 | 57.5 |
| 100 | 108×4 | 400 | 203 | 4.30 | 1.85 | 6.15 | 300 | 325×8 | 700 | 350 | 59.2 | 23.2 | 82.4 |
| 125 | 133×4 | 450 | 225 | 6.79 | 3.42 | 10.2 | 350 | 377×9 | 750 | 375 | 87.5 | 32.8 | 120 |
| 150 | 159×4.5 | 500 | 250 | 12.2 | 5.19 | 17.4 | 400 | 426×9 | 850 | 425 | 115 | 44.0 | 159 |

说明：1. 适用于 $P_g \leq 3.92 \text{MPa}$ (40kgf/cm^2)

2. 大于 3.92MPa 应进行核算

4. 钢管异径三通接头

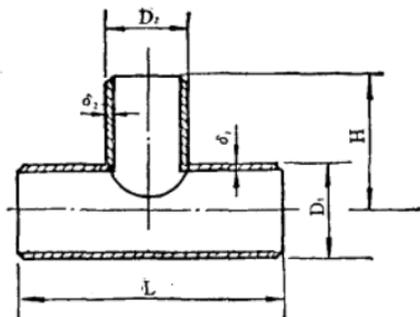


表 10-23

| 公称直径 $D_{g1} \times D_{g2} \times D_{g1}$ | $D_1 \times \delta_1$ mm | $D_2 \times \delta_2$ mm | 尺寸(mm) | | 重量(kg) | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|--------|-----|--------|-------|------|
| | | | H | L | 主管重量 | 支管重量 | 总重 |
| 65 × 40 × 65 | 73 × 3 | 45 × 2.5 | 150 | 320 | 2.13 | 0.442 | 2.57 |
| 65 × 50 × 65 | | 57 × 3 | 160 | | 2.66 | 0.590 | 2.65 |
| 80 × 50 × 80 | 89 × 3.5 | 57 × 3 | 170 | 350 | 3.29 | 0.611 | 3.9 |
| 80 × 65 × 80 | | 73 × 3 | 180 | | 3.23 | 0.970 | 4.2 |

(续)

| 公称直径 $D_{G1} \times D_{G2} \times D_{G1}$ | $D_1 \times \delta_1$ | $D_2 \times \delta_2$ | 尺寸(mm) | | 重量(kg) | | |
|--|-----------------------|-----------------------|--------|-----|--------|-------|------|
| | mm | mm | H | L | 主管重量 | 支管重量 | 总重 |
| 100×50×100 | 108×4 | 57×3 | 180 | 400 | 4.51 | 0.600 | 5.1 |
| 100×65×100 | | 73×3 | 190 | | 4.45 | 0.970 | 5.42 |
| 100×80×100 | | 89×3.5 | 200 | | 4.39 | 1.48 | 5.87 |
| 125×65×125 | 133×4 | 73×3 | 185 | 450 | 8.27 | 0.846 | 9.11 |
| 125×80×125 | | 89×3.5 | 200 | | 8.18 | 1.40 | 9.6 |
| 125×100×125 | | 108×4 | 200 | | 8.04 | 1.75 | 9.79 |
| 150×80×150 | 159×4.5 | 89×3.5 | 200 | 500 | 12.8 | 1.26 | 14.1 |
| 150×100×150 | | 108×4 | 225 | | 12.6 | 1.87 | 14.5 |
| 150×125×150 | | 133×4 | 225 | | 12.2 | 3.15 | 15.4 |
| 200×125×200 | 219×6 | 133×4 | 250 | 550 | 24.7 | 2.98 | 27.7 |
| 200×150×200 | | 159×4.5 | 275 | | 24.3 | 4.97 | 29.3 |
| 250×150×250 | 273×7 | 159×4.5 | 300 | 650 | 44.6 | 4.56 | 49.2 |
| 250×200×250 | | 219×6 | 300 | | 42.9 | 8.79 | 51.7 |
| 300×150×300 | 325×8 | 159×4.5 | 300 | 700 | 68.3 | 4.06 | 72.4 |
| 300×200×300 | | 219×6 | 325 | | 66.8 | 8.33 | 75.1 |
| 300×250×300 | | 273×7 | 350 | | 65.0 | 16.0 | 81.7 |

(续)

| 公称直径 $D_{g1} \times D_{g2} \times D_{g1}$ | $D_1 \times \delta_1$ mm | $D_2 \times \delta_2$ mm | 尺寸(mm) | | 重量(kg) | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|--------|-----|--------|------|-----|
| | | | H | L | 主管重量 | 支管重量 | 总重 |
| 350×200×350 | | 219×6 | 350 | | 96.7 | 8.65 | 105 |
| 350×250×350 | 377×9 | 273×7 | 375 | 750 | 94.0 | 15.7 | 110 |
| 350×300×350 | | 325×8 | 375 | | 91.1 | 22.2 | 113 |
| 400×200×400 | | 219×6 | 375 | | 133 | 8.16 | 141 |
| 400×250×400 | 426×9 | 273×7 | 400 | 850 | 131 | 14.7 | 140 |
| 400×300×400 | | 325×8 | 400 | | 127 | 21.7 | 149 |
| 400×350×400 | | 377×9 | 425 | | 126 | 34.1 | 160 |

5. 钢管套管接头

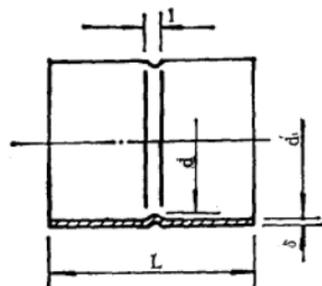


表 10-24

| 公称直径 Dg (mm) | 钢管外径 D (mm) | 结构尺寸(mm) | | | | | 重量 (kg) | 公称直径 Dg (mm) | 钢管外径 D (mm) | 结构尺寸(mm) | | | | | 重量 (kg) |
|--------------------|-------------------|----------|----------------|-----|---|----|------------|--------------------|-------------------|----------|----------------|---|----|---|------------|
| | | d | d ₁ | δ | l | L | | | | d | d ₁ | δ | l | L | |
| 6 | 9 | 7 | 9.2 | 1 | 3 | 14 | 32 | 38 | 35 | 38.5 | 1.5 | 4 | 36 | | |
| 8 | 12 | 10 | 12.2 | 1 | 3 | 16 | 40 | 45 | 41 | 46 | 2 | 4 | 48 | | |
| 10 | 14 | 12 | 14.2 | 1 | 3 | 18 | 50 | 55 | 51 | 56 | 2 | 5 | 52 | | |
| 15 | 19 | 16 | 19.5 | 1 | 3 | 24 | 65 | 70 | 65 | 71 | 2.5 | 5 | 68 | | |
| | 22 | 19 | 22.5 | 1.5 | 3 | 28 | 80 | 85 | 80 | 86 | 2.5 | 5 | 74 | | |
| 20 | 24 | 21 | 24.5 | 1.5 | 4 | 30 | 100 | 110 | 105 | 111 | 2.5 | 5 | 74 | | |
| 25 | 32 | 29 | 32.5 | 1.5 | 4 | 34 | | | | | | | | | |

6. 钢管异径接头

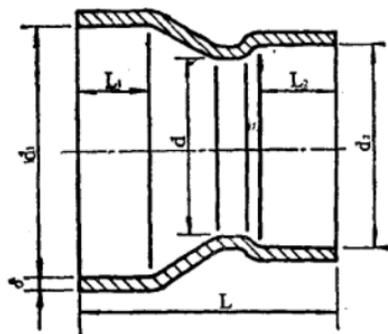


表 10-25

| 公称直径 D_{G1}/D_{G2} (mm) | 钢管外径 D_1/D_2 (mm) | 结 构 尺 寸 (mm) | | | | | | 重 量 (kg) |
|---------------------------------|---------------------------|--------------|-------|-------|-----------|----------|----|-------------|
| | | d | d_1 | d_2 | l_1/l_2 | δ | L | |
| 8/6 | 10/9 | 7 | 10.2 | 9.2 | 7/6 | 1.0 | 20 | 0.01 |
| 10/8 | 12/10 | 8 | 12.2 | 10.2 | 8/7 | 1.0 | 22 | 0.01 |
| 15/10 | 16/12 | 10 | 16.5 | 12.2 | 11/8 | 1.0 | 30 | 0.01 |
| 15/10 | 19/12 | 10 | 19.5 | 12.2 | 12/8 | 1.0 | 32 | 0.02 |
| 20/15 | 22/16 | 14 | 22.5 | 16.5 | 13/11 | 1.5 | 38 | 0.02 |

(续)

| 公称直径 Dg ₁ /Dg ₂ (mm) | 钢管外径 D ₁ /D ₂ (mm) | 结 构 尺 寸 (mm) | | | | | | 重 量 (kg) |
|--|--|--------------|----------------|----------------|--------------------------------|-----|----|-------------|
| | | d | d ₁ | d ₂ | l ₁ /l ₂ | δ | L | |
| 20/15 | 22/19 | 16 | 22.5 | 19.5 | 13/12 | 1.5 | 40 | 0.02 |
| 25/20 | 28/22 | 19 | 28.5 | 22.5 | 15/13 | 1.5 | 38 | 0.03 |
| 25/15 | 28/16 | 14 | 28.5 | 16.5 | 15/11 | 1.5 | 40 | 0.03 |
| 25/15 | 28/19 | 16 | 28.5 | 19.5 | 15/12 | 1.5 | 42 | 0.04 |
| 32/25 | 35/28 | 25 | 35.5 | 28.5 | 16/15 | 1.5 | 42 | 0.06 |
| 32/20 | 35/22 | 19 | 35.5 | 22.5 | 16/13 | 1.5 | 45 | 0.07 |
| 40/32 | 44/35 | 32 | 45 | 35.5 | 18/16 | 2.0 | 48 | 0.16 |
| 40/25 | 44/28 | 25 | 45 | 28.5 | 18/15 | 2.0 | 52 | 0.14 |
| 50/40 | 55/44 | 40 | 56 | 45 | 20/18 | 2.0 | 55 | 0.19 |
| 50/32 | 55/35 | 32 | 56 | 35.5 | 20/16 | 2.0 | 58 | 0.23 |
| 65/50 | 70/55 | 51 | 71 | 56 | 20/20 | 2.5 | 60 | 0.28 |
| 65/40 | 70/44 | 40 | 71 | 45 | 20/18 | 2.5 | 65 | 0.25 |
| 80/65 | 85/70 | 65 | 86 | 71 | 22/20 | 2.5 | 65 | 0.33 |
| 100/50 | 85/55 | 51 | 86 | 56 | 22/20 | 2.5 | 72 | 0.39 |
| 100/80 | 105/85 | 80 | 106 | 86 | 22/22 | 2.5 | 68 | 0.44 |
| 100/65 | 105/70 | 65 | 106 | 71 | 22/20 | 2.5 | 78 | 0.42 |

7. 铜管等径三通接头

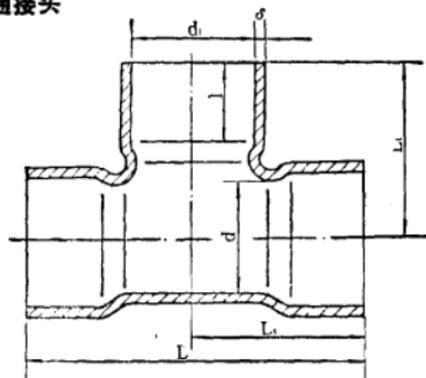


表 10-26

| 公称直径 D _g (mm) | 铜管外径 D (mm) | 结构尺寸 (mm) | | | | | | 重量 (kg) | 公称直径 D _g (mm) | 铜管外径 D (mm) | 结构尺寸 (mm) | | | | | | 重量 (kg) |
|--------------------------------|-------------------|-----------|----------------|----|-----|----------------|----|------------|--------------------------------|-------------------|-----------|----------------|----|-----|----------------|-----|------------|
| | | d | d ₁ | l | δ | L ₁ | L | | | | d | d ₁ | l | δ | L ₁ | L | |
| 6 | 9 | 7 | 9.2 | 6 | 1.0 | 13 | 26 | 0.01 | 32 | 35 | 32 | 35.5 | 16 | 1.5 | 37 | 74 | 0.20 |
| 8 | 10 | 8 | 10.2 | 7 | 1.0 | 14 | 28 | 0.01 | 40 | 44 | 40 | 45 | 18 | 2.0 | 45 | 90 | 0.31 |
| 10 | 12 | 10 | 12.2 | 8 | 1.0 | 17 | 34 | 0.02 | 50 | 55 | 51 | 56 | 20 | 2.0 | 52 | 104 | 0.44 |
| 15 | 16 | 14 | 16.5 | 11 | 1.0 | 22 | 44 | 0.02 | 65 | 70 | 65 | 71 | 20 | 2.5 | 60 | 120 | 0.64 |
| 15 | 19 | 16 | 19.5 | 12 | 1.5 | 25 | 50 | 0.05 | 80 | 85 | 80 | 86 | 22 | 2.5 | 70 | 140 | 0.91 |
| 20 | 22 | 19 | 22.5 | 13 | 1.5 | 28 | 56 | 0.06 | 100 | 105 | 100 | 106 | 22 | 2.5 | 80 | 160 | 1.25 |
| 25 | 28 | 25 | 28.5 | 15 | 1.5 | 33 | 66 | 0.12 | | | | | | | | | |

8. 鋼管異徑三通接頭

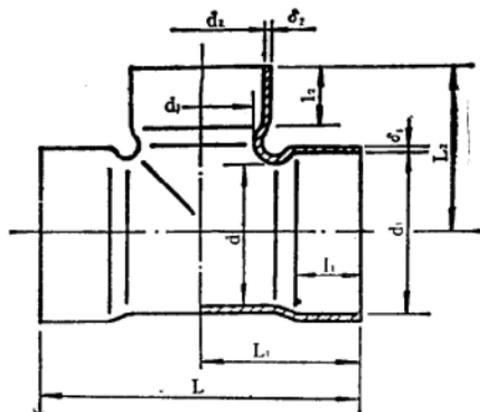


表 10—27

| 公称直径 Dg ₁ /Dg ₂ (mm) | 钢管外径 D ₁ /D ₂ (mm) | 结 构 尺 寸(mm) | | | | | | | | | | | 重量 (kg) |
|--|--|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|------------|
| | | d | d ₁ | d ₂ | d ₃ | l ₁ | l ₂ | δ ₁ | δ ₂ | L | L ₁ | L ₂ | |
| 8/6 | 12/9 | 10 | 12.2 | 9.2 | 7 | 7 | 6 | 1 | 1 | 28 | 14 | 15 | |
| 10/8 | 14/12 | 12 | 14.2 | 12.2 | 10 | 8 | 7 | 1 | 1 | 34 | 17 | 16 | |

(续)

| 公称直径 D_{G_1}/D_{G_2} (mm) | 铜管外径 D_1/D_2 (mm) | 结 构 尺 寸(mm) | | | | | | | | | | | 重量 (kg) | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|-----|-------|-------|------------|----|--|----|--|
| | | d | d_1 | d_2 | d_3 | l_1 | l_2 | δ_1 | δ_2 | L | L_1 | L_2 | | | | | |
| 15/10 | 19/14 | 16 | 19.5 | 14.2 | 12 | 11 | 8 | 1.5 | 1 | 44 | 22 | 19 | | | | | |
| | 22/14 | 19 | 22.5 | | 12 | 12 | | | 50 | 25 | 21 | | | | | | |
| 20/15 | 24/19 | 21 | 24.5 | 19.5 | 16 | 13 | 11 | | 1.5 | | 56 | 28 | | 26 | | | |
| | 24/22 | | 22.5 | 19 | 12 | | 27 | | | | | | | | | | |
| 25/20 | 32/24 | 29 | 32.5 | 24.5 | 21 | 15 | 13 | | | | 1.5 | 66 | | 33 | | 31 | |
| 32/25 | 38/32 | 35 | 38.5 | 32.5 | 29 | 16 | 15 | | | | | 71 | | 37 | | 35 | |
| 40/32 | 45/38 | 41 | 46 | 38.5 | 35 | 18 | 16 | 2 | | | 90 | 45 | 44 | | | | |
| 50/40 | 55/45 | 51 | 56 | 46 | 41 | 20 | 18 | | | | 2 | 104 | 52 | | | 50 | |
| 65/50 | 70/55 | 65 | 71 | 56 | 51 | | 20 | 18 | 120 | 60 | | 60 | | | | | |
| 80/65 | 85/70 | 80 | 86 | 71 | 65 | 22 | 20 | 2.5 | 2.5 | 140 | 70 | 68 | | | | | |
| 100/80 | 110/85 | 105 | 111 | 86 | 80 | | | | | 160 | 80 | 80 | | | | | |

9. 钢管45°弯头

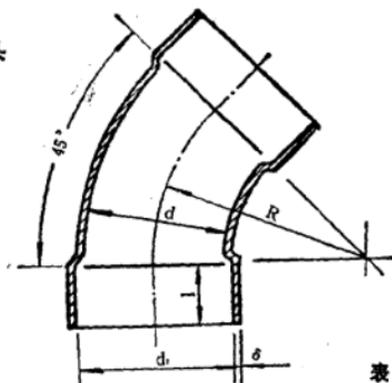


表 10-28

| 公称直径 D _g (mm) | 钢管外径 D (mm) | 结构尺寸(mm) | | | | | 重量 (kg) | 公称直径 D _g (mm) | 钢管外径 D (mm) | 结构尺寸(mm) | | | | | 重量 (kg) |
|--------------------------------|-------------------|----------|----------------|----|-----|------|------------|--------------------------------|-------------------|----------|----------------|----|-----|-------|------------|
| | | d | d ₁ | l | δ | R | | | | d | d ₁ | l | δ | R | |
| 6 | 9 | 7 | 9.2 | 6 | 1 | 13.5 | | 32 | 38 | 35 | 38.5 | 16 | 1.5 | 52.5 | |
| 8 | 12 | 10 | 12.2 | 7 | 1 | 15 | | 40 | 45 | 41 | 46 | 18 | 2 | 66 | |
| 10 | 14 | 12 | 14.2 | 8 | 1 | 18 | | 50 | 55 | 51 | 56 | 20 | 2 | 82.5 | |
| 15 | 19 | 16 | 19.5 | 11 | 1.5 | 24 | | 65 | 70 | 65 | 71 | 20 | 2.5 | 105 | |
| | 22 | 19 | 22.5 | 12 | 1.5 | 28.5 | | 80 | 85 | 80 | 86 | 22 | 2.5 | 127.5 | |
| 20 | 24 | 21 | 24.5 | 13 | 1.5 | 33 | | 100 | 110 | 105 | 111 | 22 | 2.5 | 157.5 | |
| 25 | 32 | 29 | 32.5 | 15 | 1.5 | 42 | | | | | | | | | |

10. 铜管90°弯头

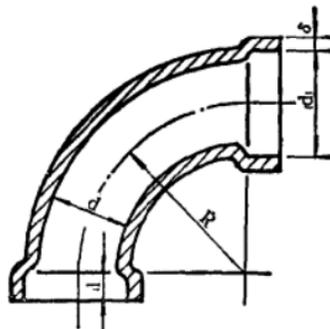
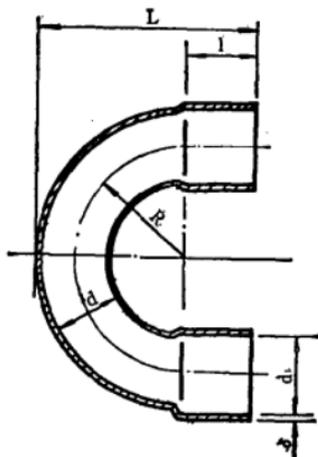


表 10-29

| 公称直径 Dg (mm) | 铜管外径 D (mm) | 结构尺寸(mm) | | | | | 重量 (kg) | 公称直径 Dg (mm) | 铜管外径 D (mm) | 结构尺寸(mm) | | | | | 重量 (kg) |
|--------------------|-------------------|----------|----------------|----|-----|----|------------|--------------------|-------------------|----------|----------------|----|-----|-----|------------|
| | | d | d ₁ | l | δ | R | | | | d | d ₁ | l | δ | R | |
| 6 | 9 | 7 | 9.2 | 6 | 1 | 14 | 0.01 | 32 | 35 | 32 | 35.5 | 18 | 1.5 | 54 | 0.20 |
| 8 | 10 | 8 | 10.2 | 7 | 1 | 15 | 0.01 | 40 | 44 | 40 | 45 | 18 | 2 | 68 | 0.30 |
| 10 | 12 | 10 | 12.2 | 8 | 1 | 18 | 0.02 | 50 | 55 | 51 | 56 | 20 | 2 | 84 | 0.43 |
| 15 | 16 | 14 | 16.5 | 11 | 1 | 24 | 0.03 | 65 | 70 | 65 | 71 | 20 | 2.5 | 105 | 0.68 |
| 15 | 19 | 16 | 19.5 | 12 | 1.5 | 30 | 0.05 | 80 | 85 | 80 | 86 | 22 | 2.5 | 128 | 0.96 |
| 20 | 22 | 19 | 22.5 | 13 | 1.5 | 34 | 0.06 | 100 | 105 | 100 | 106 | 22 | 2.5 | 158 | 1.40 |
| 25 | 28 | 25 | 28.5 | 15 | 1.5 | 42 | 0.09 | | | | | | | | |

11. 钢管180°弯头

表 10—30



| 公称直径 D _g (mm) | 钢管外径 D (mm) | 结构尺寸(mm) | | | | | | 重量 (kg) |
|--------------------------------|-------------------|----------|----------------|------|-----|-------|-----|------------|
| | | d | d ₁ | l | δ | R | L | |
| 6 | 9 | 7 | 9.2 | 6 | | 13.5 | 24 | |
| 8 | 12 | 10 | 12.2 | 7 | 1 | 15 | 27 | |
| 10 | 14 | 12 | 14.2 | 8 | | 18 | 32 | |
| 15 | 19 | 16 | 19.5 | 11 | | 24 | 43 | |
| | 22 | 12 | | 28.5 | | 50 | | |
| 20 | 24 | 21 | 24.5 | 13 | 1.5 | 33 | 57 | |
| 25 | 32 | 29 | 32.5 | 15 | | 42 | 71 | |
| 32 | 38 | 35 | 38.5 | 16 | | 52.5 | 86 | |
| 40 | 45 | 41 | 46 | 18 | 2 | 66 | 106 | |
| 50 | 55 | 51 | 56 | 20 | | 82.5 | 130 | |
| 65 | 70 | 65 | 71 | | 2.5 | 105 | 160 | |
| 80 | 85 | 80 | 86 | 22 | | 127.5 | 192 | |
| 100 | 110 | 105 | 111 | | | 157.5 | 252 | |

注：钢管成品接头与弯头中有钢管异径接头、钢管三通接头及钢管90°弯头三项已由全国船舶标准化技术委员会审定作为专业标准，标准号为CB*3303.1—3303.3—86。

12. 灰铸铁法兰 (光滑密封面, JB78-59)

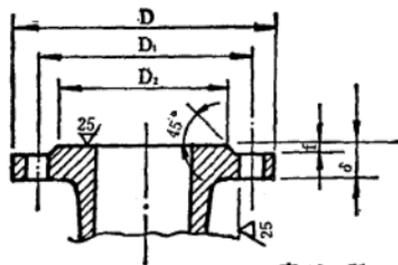


表 10-31

| D _G | D | D ₁ | D ₂ | f | δ | 螺 栓 | | D _G | D | D ₁ | D ₂ | f | δ | 螺 栓 | |
|----------------|-----|----------------|----------------|---|----|-----|-----|----------------|-----|----------------|----------------|---|----|-----|-----|
| | | | | | | 数量 | 螺纹 | | | | | | | 数量 | 螺栓 |
| 25 | 115 | 85 | 65 | 2 | 18 | 4 | M12 | 125 | 270 | 220 | 188 | 3 | 32 | 8 | M22 |
| 32 | 135 | 100 | 78 | 2 | 20 | 4 | M16 | 150 | 300 | 250 | 218 | 3 | 32 | 8 | M22 |
| 40 | 145 | 110 | 85 | 3 | 20 | 4 | M16 | 200 | 360 | 310 | 278 | 3 | 36 | 12 | M22 |
| 50 | 160 | 125 | 100 | 3 | 22 | 4 | M16 | 250 | 425 | 370 | 332 | 3 | 40 | 12 | M27 |
| 65 | 180 | 145 | 120 | 3 | 24 | 8 | M16 | 300 | 485 | 430 | 390 | 4 | 42 | 16 | M27 |
| 80 | 195 | 160 | 135 | 3 | 26 | 8 | M16 | 350 | 550 | 490 | 448 | 4 | 44 | 16 | M30 |
| 100 | 230 | 190 | 160 | 3 | 30 | 8 | M20 | 400 | 610 | 550 | 505 | 4 | 48 | 16 | M30 |

单位: mm

13. 铸钢法兰（光滑密封面，JB79-59）

表10-32

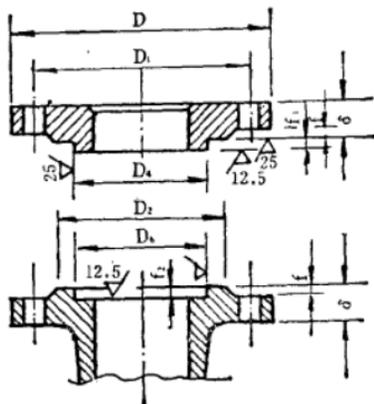
| D _g | D | D ₁ | D ₂ | f | δ | 螺 栓 | |
|----------------|-----|----------------|----------------|---|----|-----|-----|
| | | | | | | 数 量 | 螺 纹 |
| 25 | 115 | 85 | 65 | 2 | 16 | 4 | M12 |
| 32 | 135 | 100 | 78 | 2 | 18 | 4 | M16 |
| 40 | 145 | 110 | 85 | 3 | 18 | 4 | M16 |
| 50 | 160 | 125 | 100 | 3 | 20 | 4 | M16 |
| 65 | 180 | 145 | 120 | 3 | 22 | 8 | M16 |
| 80 | 195 | 160 | 135 | 3 | 22 | 8 | M16 |
| 100 | 230 | 190 | 160 | 3 | 24 | 8 | M20 |
| 125 | 270 | 220 | 188 | 3 | 28 | 8 | M22 |
| 150 | 300 | 250 | 218 | 3 | 30 | 8 | M22 |
| 200 | 360 | 310 | 278 | 3 | 34 | 12 | M22 |
| 250 | 425 | 370 | 332 | 3 | 36 | 12 | M27 |
| 300 | 485 | 430 | 390 | 4 | 40 | 16 | M27 |
| 350 | 550 | 490 | 448 | 4 | 44 | 16 | M30 |
| 400 | 610 | 550 | 505 | 4 | 48 | 16 | M30 |

单位: mm

14. 灰铸铁法兰（凹凸密封面，JB79-59）

表 10-33

| D _g | D | D ₁ | D ₂ | D ₄ | D ₅ | f | f ₁ = f ₂ | δ | 螺 栓 | |
|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---------------------------------|----|-----|-----|
| | | | | | | | | | 数量 | 螺纹 |
| 25 | 115 | 85 | 65 | 57 | 58 | 2 | 4 | 16 | 4 | M12 |
| 32 | 135 | 100 | 78 | 65 | 66 | 2 | 4 | 18 | 4 | M16 |
| 40 | 145 | 110 | 85 | 75 | 76 | 3 | 4 | 18 | 4 | M16 |
| 50 | 160 | 125 | 100 | 87 | 88 | 3 | 4 | 20 | 4 | M16 |
| 65 | 180 | 145 | 120 | 109 | 110 | 3 | 4 | 22 | 8 | M16 |
| 80 | 195 | 160 | 135 | 120 | 121 | 3 | 4 | 22 | 8 | M16 |
| 100 | 230 | 190 | 160 | 149 | 150 | 3 | 4.5 | 24 | 8 | M20 |
| 125 | 270 | 220 | 188 | 175 | 176 | 3 | 4.5 | 28 | 8 | M22 |
| 150 | 300 | 250 | 218 | 203 | 204 | 3 | 4.5 | 30 | 8 | M22 |
| 200 | 375 | 320 | 282 | 259 | 260 | 3 | 4.5 | 38 | 12 | M27 |
| 250 | 445 | 385 | 345 | 312 | 313 | 3 | 4.5 | 42 | 12 | M30 |
| 300 | 510 | 450 | 408 | 363 | 364 | 4 | 4.5 | 46 | 16 | M30 |
| 350 | 570 | 510 | 465 | 421 | 422 | 4 | 5 | 52 | 16 | M30 |
| 400 | 655 | 585 | 535 | 473 | 474 | 4 | 5 | 58 | 16 | M36 |



单位: mm

15. 氟利昂铸铁凸法兰（榫槽密封面）

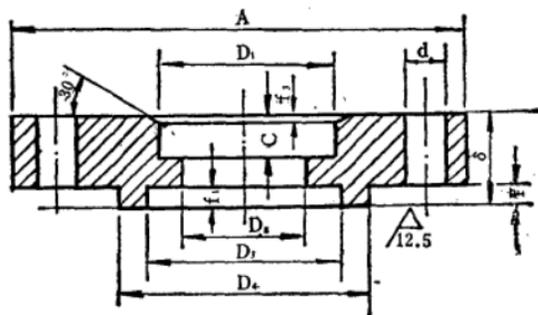


表 10—34

| Dg | D ₁ | D ₂ | D ₄ | f | f ₁ | f ₃ | A | B | C | δ | d | Dg | D ₁ | D ₂ | D ₄ | f | f ₁ | f ₃ | A | B | C | δ | d | |
|----|----------------|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|-----|----|----|----|----|----|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|-----|-----|----|----|----|--|
| 25 | 34 | 38 | 48 | 4.5 | 4.5 | 2.5 | 76 | 50 | 8 | 18 | 13 | 60 | 72 | 76 | 97 | 6 | 6 | 3 | 128 | 94 | 16 | 26 | 15 | |
| 32 | 39 | 50 | 62 | 5 | 5 | 2.5 | 88 | 62 | 8 | 18 | 13 | 70 | 78 | 80 | 103 | 6 | 6 | 3 | 134 | 98 | 16 | 26 | 17 | |
| 40 | 52 | 58 | 72 | 6 | 6 | 2.5 | 118 | 84 | 14 | 24 | 17 | 80 | 91 | 94 | 118 | 6 | 6 | 3 | 152 | 114 | 16 | 26 | 17 | |
| 50 | 58 | 62 | 78 | 6 | 6 | 3 | 122 | 88 | 14 | 24 | 15 | | | | | | | | | | | | | |

单位: mm

16. 佩利昂铸铁凹法兰（榫槽密封面）

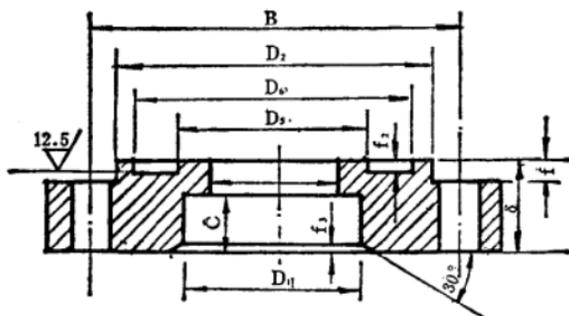


表 10—35

| D _g | D ₁ | D ₂ | D ₅ | D ₆ | f | f ₂ | f ₃ | A | B | C | δ | d | D _g | D ₁ | D ₂ | D ₅ | D ₆ | f | f ₂ | f ₃ | A | B | C | δ | d |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|-----|----|----|----|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|-----|-----|----|----|----|
| 25 | 34 | 56 | 37 | 49 | 2 | 3 | 2.5 | 76 | 50 | 9 | 16 | 13 | 60 | 72 | 110 | 75 | 93 | 5 | 4 | 3 | 128 | 94 | 16 | 24 | 15 |
| 32 | 39 | 70 | 49 | 63 | 3 | 4 | 2.5 | 88 | 62 | 10 | 18 | 13 | 70 | 78 | 114 | 79 | 104 | 5 | 4 | 3 | 134 | 98 | 16 | 24 | 17 |
| 40 | 52 | 90 | 57 | 6 | 4 | 4 | 2.5 | 118 | 84 | 14 | 22 | 17 | 80 | 91 | 130 | 93 | 119 | 5 | 4 | 3 | 152 | 114 | 16 | 26 | 17 |
| 50 | 58 | 90 | 61 | 79 | 4 | 4 | 2.5 | 122 | 88 | 15 | 22 | 15 | | | | | | | | | | | | | |

单位: mm

17. 铜管喇叭口

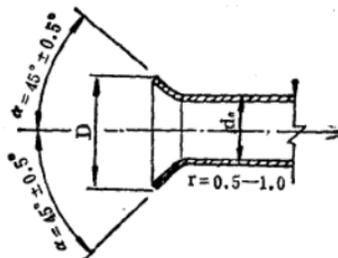


表 10—36

| 铜管外径 d_0 | 喇叭口外径 D | 喇叭口角度 2α | 铜管外径 d_0 | 喇叭口外径 D | 喇叭口角度 2α |
|------------|-----------|------------------------|------------|-----------|------------------------|
| 6 | 9 | $90^\circ \pm 1^\circ$ | 16 | 19 | $90^\circ \pm 1^\circ$ |
| 8 | 11 | | 19 | 23 | |
| 9 | 13 | | 22 | 26 | |
| 10 | 13 | | 25 | 32 | |
| 12 | 15 | | | | |

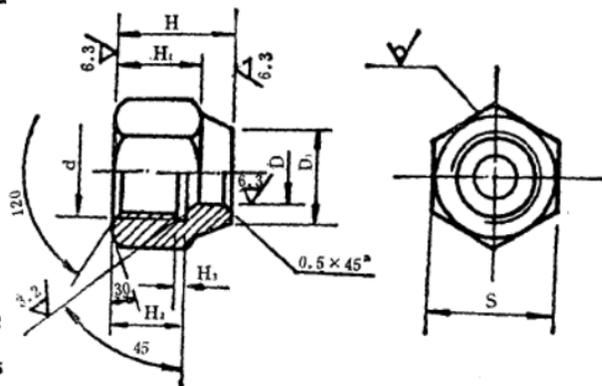
单位: mm

18. 铜接头螺母

表 10-37

| 公称直径 | 螺纹 d | D | D ₁ | H | H ₁ | H ₂ | H ₃ | S | 配管 |
|------|----------|--------------------------------------|----------------|----|----------------|----------------|----------------|----|--------|
| 4 | M12×1.25 | 6 ^{+0.25} _{+0.10} | 10 | 17 | 11 | 9 | 1.5 | 17 | 6×1 |
| 6 | M14×1.5 | 8 ^{+0.25} _{+0.10} | 12 | 19 | 13 | 11 | 1.5 | 19 | 8×1 |
| 8 | M16×1.5 | 10 ^{+0.25} _{+0.10} | 15 | 22 | 16 | 12 | 1.5 | 22 | 10×1 |
| 10 | M18×1.5 | 12 ^{+0.30} _{+0.10} | 17 | 24 | 17.5 | 13 | 1.5 | 24 | 12×1 |
| 11 | M20×1.5 | 13 ^{+0.30} _{+0.10} | 18 | 26 | 18 | 14 | 1.5 | 26 | 13×1 |
| 13 | M22×1.5 | 16 ^{+0.30} _{+0.10} | 21 | 28 | 19 | 16 | 1.5 | 30 | 16×1.2 |
| 16 | M27×2.0 | 19 ^{+0.30} _{+0.10} | 25 | 31 | 21 | 18 | 1.5 | 36 | 19×1.5 |

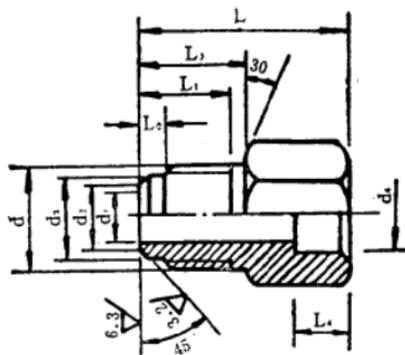
单位: mm



19. 英制铜接头螺母

表 10-38

| 管 径 | 管外径 | 螺 纹 d | D $\begin{matrix} +0.15 \\ -0 \end{matrix}$ | D_1 (最小) | H ± 0.5 | H_1 ± 0.8 | H_2 | H_3 | S |
|-----------------|-------|---------------------------|--|---------------|------------------|--------------------|-------|-------|----|
| $\frac{1}{4}$ " | 6.35 | $\frac{7}{16}$ " —20牙/英寸 | 6.5 | 12 | 15 | 11 | 8.5 | 2.2 | 17 |
| $\frac{3}{8}$ " | 9.52 | $\frac{5}{8}$ " —18牙/英寸 | 9.7 | 15 | 18 | 12.5 | 10.2 | 2.4 | 22 |
| $\frac{1}{2}$ " | 12.7 | $\frac{3}{4}$ " —16牙/英寸 | 12.9 | 19 | 22 | 16 | 13 | 3 | 24 |
| $\frac{5}{8}$ " | 16.88 | $\frac{7}{8}$ " —14牙/英寸 | 16.1 | 24 | 26 | 20 | 15.5 | 3 | 27 |
| $\frac{3}{4}$ " | 19.05 | $1\frac{1}{16}$ " —14牙/英寸 | 19.2 | 28 | 30 | 24 | 19 | 3 | 36 |

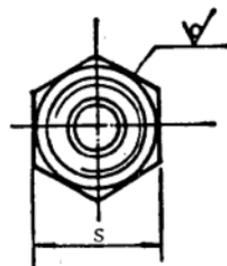


20. 铜接头

表 10-39

| 公称直径 | 螺纹d | d ₁ | d ₃ | d ₄ | L | L ₁ | L ₂ | L ₃ | L ₄ | S | 配管 |
|------|---------|----------------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----|--------|
| 8 | M16×1.5 | 8 | 14 | 10.2 | 32 | 16 | 5.5 | 18 | 8 | 22 | 10×1 |
| 10 | M18×1.5 | 10 | 16 | 12.2 | 36 | 18 | 5.5 | 20 | 10 | 24 | 12×1 |
| 11 | M20×1.5 | 11 | 16.6 | 13.2 | 38 | 20 | 6 | 22 | 10 | 26 | 13×1 |
| 13 | M22×1.5 | 13 | 19.6 | 16.2 | 38 | 20 | 6 | 22 | 10 | 27 | 15×1.2 |
| 16 | M27×2.0 | 16 | 23.5 | 19.2 | 42 | 23 | 6.5 | 25 | 12 | 30 | 19×1.5 |
| 19 | M30×2.0 | 19 | 26.5 | 22.3 | 48 | 28 | 7 | 30 | 15 | 36 | 22×1.5 |

单位: mm



21. 英制铜接头

表 10-40

| 管径 | 管外径 | 螺纹 d | d ₁ ⁺⁰ _{-0.15} | d ₁ | d ₃ | L _i _{最小} | L ₂ | L ₃ | S |
|------|-------|-----------------|---|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|----|
| 1/4" | 6.35 | 7/16" -20牙/英寸 | 4.8 | 5.5 | 9.2 | 11.3 | 3.7 | 13.5 | 14 |
| 3/8" | 9.52 | 5/8" -18牙/英寸 | 7 | 8 | 13.5 | 14 | 4.8 | 16.5 | 20 |
| 1/2" | 12.7 | 3/4" -16牙/英寸 | 10 | 11 | 16 | 16.8 | 5.5 | 19.5 | 24 |
| 5/8" | 15.88 | 7/8" -14牙/英寸 | 12.5 | 13.5 | 19 | 19.9 | 6 | 23 | 28 |
| 3/4" | 19.05 | 1 1/16" -14牙/英寸 | 16 | 18 | 24 | 23.4 | 6 | 26.5 | 32 |

22. 鋼对称接头

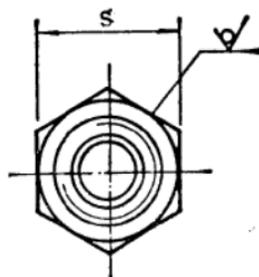
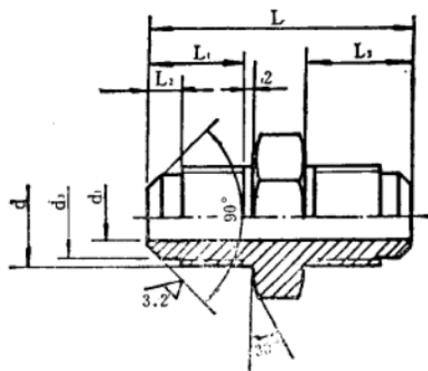


表 10—41

| 公称直径 | 螺纹 d | d ₁ | d ₃ | L | L ₁ | L ₂ | L ₃ | S | 配 管 | 公称直径 | 螺纹 d | d ₁ | d ₃ | L | L ₁ | L ₂ | L ₃ | S | 配 管 |
|------|----------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|----------------|----|------|------|---------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|----------------|----|--------|
| 4 | M12×1.25 | 4 | 10 | 30 | 12 | 5 | 14 | 17 | 6×1 | 11 | M20×1.5 | 11 | 16.6 | 54 | 20 | 6 | 22 | 26 | 13×1 |
| 6 | M14×1.5 | 6 | 12 | 40 | 14 | 5.3 | 16 | 19 | 8×1 | 13 | M22×1.5 | 13 | 19.6 | 54 | 20 | 6 | 22 | 27 | 16×1.2 |
| 7 | M16×1.5 | 7 | 14 | 44 | 16 | 5.5 | 18 | 22 | 9×1 | 16 | M27×2.0 | 16 | 23.5 | 60 | 23 | 6.5 | 25 | 30 | 19×1.5 |
| 8 | M16×1.5 | 8 | 14 | 44 | 16 | 5.5 | 18 | 22 | 10×1 | 19 | M30×2.0 | 19 | 26.5 | 70 | 28 | 7 | 30 | 36 | 22×1.5 |
| 10 | M18×1.5 | 10 | 16 | 50 | 18 | 5.5 | 20 | 24 | 12×1 | | | | | | | | | | |

单位: mm

23. 铜三通接头

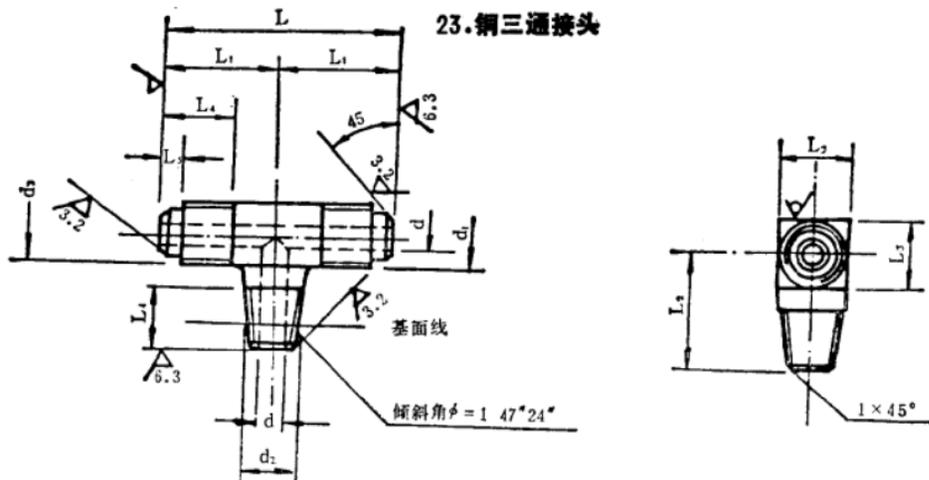


表 11—42

| 型号 | 公称直径 d | d ₁ | d ₂ | d ₃ | L | L ₁ | L ₂ | L ₃ | L ₄ | L ₅ | 配管 |
|--------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|
| ST4—1 | 4 | M12 × 1.25 | M12 × 1.25 | M12 × 1.25 | 46 | 23 | 23 | 14 | 14 | 4 | 6 × 1 |
| ST4—2 | 4 | M12 × 1.25 | ZG $\frac{1}{8}$ " | M12 × 1.25 | 46 | 23 | 23 | 14 | 14 | 4 | 6 × 1 |
| ST4—3 | 4 | ZG $\frac{1}{8}$ " | M12 × 1.25 | M12 × 1.25 | 46 | 23 | 23 | 14 | 14 | 4 | 6 × 1 |
| ST8—1 | 8 | M16 × 1.5 | M16 × 1.5 | M16 × 1.5 | 76 | 38 | 38 | | | | 10 × 1 |
| ST13—1 | 13 | M22 × 1.5 | M22 × 1.5 | M22 × 1.5 | 112 | 56 | 56 | | | | 16 × 1.2 |

单位: mm

24. 钢瓶钢接头

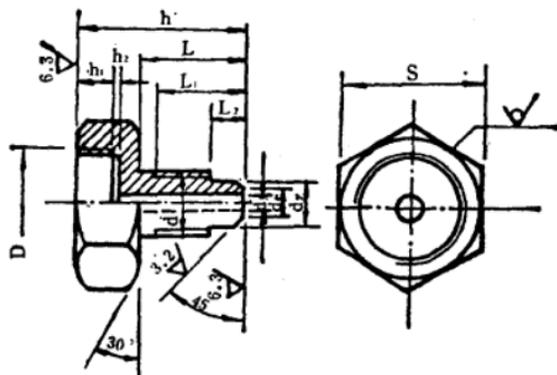


表 10-43

| | d | d ₁ | d ₂ | d ₃ | L | L ₁ | L ₂ | h | h ₁ | h ₂ | D | S |
|-----------|------------|----------------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|----|----------------|----------------|-------------------------|----|
| R12, R22, | M12 × 1.25 | 4 | 5 | 10 | 16 | 14 | 5 | 32 | 8.5 | 2.5 | $\frac{3}{4}$ " —14牙/英寸 | 30 |
| R13, R502 | M14 × 1.5 | 4 | 7 | 12 | 18 | 16 | 5 | 34 | 8.5 | 2.5 | $\frac{3}{4}$ " —14牙/英寸 | 30 |
| 钢瓶钢接头 | M16 × 1.5 | 4 | 8 | 14 | 18 | 16 | 5 | 34 | 8.5 | 2.5 | $\frac{3}{4}$ " —14牙/英寸 | 30 |

单位: mm

25. 鋼六角螺塞

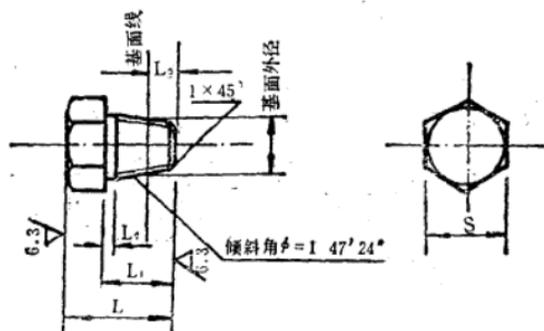


表 10—44

| | L | L ₁ | L ₂ | L ₃ | S | 基面上螺紋外径 |
|---------------------------|----|----------------|----------------|----------------|----|---------|
| ZG $\frac{1}{8}$ "—28牙/英寸 | 18 | 12 | 2 | 4.5 | 12 | 9.729 |
| ZG $\frac{3}{8}$ "—19牙/英寸 | 26 | 18 | 2.5 | 6 | 20 | 16.663 |

单位: mm

26. 快速接头（两端开闭式）

快速接头是一种省却工具，拆装迅速、灵活，互换性好，能大大减轻劳动强度，提高工作效率的接头，它的全名应该是“能快速装拆的接头”。

两端开闭式快速接头由于在接头体内附有单向阀，所以当快速接头拆开时，能自动封闭两端管

道，作为堵头使用，这在氟利昂制冷压缩机组与冷库内冷却设备各作为单体，在工厂生产时分别充灌好制冷剂，在现场不需应用工具或焊接即能使系统组装连通，启动制冷压缩机即可投入制冷运行，这是十分方便的，也是今后要发展的方向，应用在液压传动系统上的快速接头外形见图10—1，它的主要技术参数及外形尺寸见表10—45。

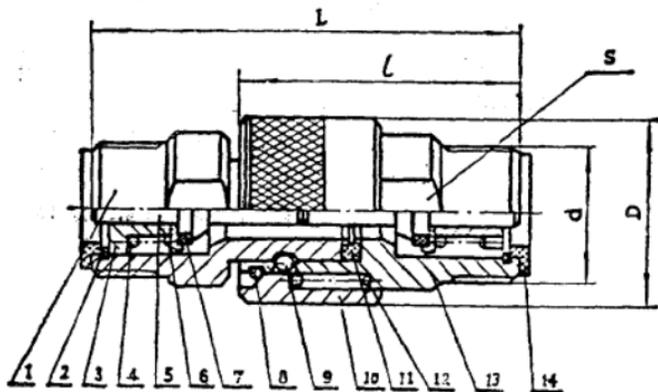


图10—1 快速接头

- 1. 接头体 I 2. 挡圈 3. 阀座 4. 小弹簧 5. 阀芯
- 6. 垫圈 7. 密封圈 8. 横圈 9. 钢球 10. 套
- 11. 密封垫圈 12. 大弹簧 13. 接头体 II 14. 尼龙垫

表 10—45

| 公称直径 Dg (mm) | 额定流量 V (l/min) | 工作压力 P (MPa) | 压力损失 ΔP (MPa) | 工作温度 t ($^{\circ}\text{C}$) | 工作介质 | 尺 寸 (mm) | | | | |
|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------|----|-----|-------|----|
| | | | | | | d | D | L | l | S |
| 6 | 6.3 | 31.4 | <0.2 | -20—80 | 油、水、 气和一切对 钢球和橡胶 无腐蚀性的 流体 | M16×1.5 | 26 | 66 | 43 | 19 |
| 8 | 25 | | | | | M22×1.5 | 31 | 79 | 49.5 | 22 |
| 10 | 40 | | | | | M27×1.5 | 36 | 85 | 55.5 | 27 |
| 15 | 63 | | | | | M30×1.5 | 40 | 96 | 60.5 | 30 |
| 20 | 100 | | | | | M36×2 | 48 | 108 | 70.5 | 36 |
| 25 | 160 | 20.6 | | | | M42×2 | 56 | 122 | 77.5 | 46 |
| 32 | 250 | | | | | M52×2 | 66 | 140 | 89.5 | 55 |
| 40 | 400 | | | | | M60×2 | 77 | 156 | 99.5 | 65 |
| 50 | 630 | | | | | M68×2 | 82 | 168 | 104.5 | 70 |

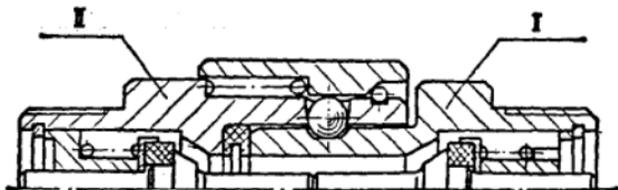


图 10—2 接通的快速接头

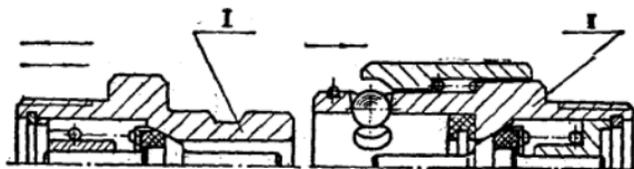


图 10—3 拆开的快速接头

快速接头由接头体 I 及接头体 II 组成，接通的快速接头见图10—2，拆开的快速接头见图10—3。

应用在氟利昂制冷系统上的快速接头目前仅有公称直径为 6 mm 的一种规格，它采用径向密封，

密封圈的材料采用聚四氟乙烯及耐氟橡胶圈。接头体 I 和 II 的端接头分 A、B、C 三种型号，端接头 C 型即 A 型外螺纹 M14 × 1.5 改为 ZG 1/4"，可以根据实际连接上的要求任意选用端接头。该快速接头的技术性能参数见表10—46外形见图10—4。

表10-46

| 公称直径 Dg (mm) | 额定流量 V (l/min) | 工作压力 p (MPa) | 最低爆破压力 P _{max} (MPa) | 压力损失 Δp (MPa) | 工作温度 t (℃) | 工作介质 | 最大外径 (mm) | 长度 (mm) | 重量 (kg) |
|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------|------------------|-------------|--------------|------------|------------|
| 6 | 6.3 | 98.1 | 392.3 | 0.2 | -40—100 | 液压油、 氟利昂 | 31 | 111 | 0.362 |

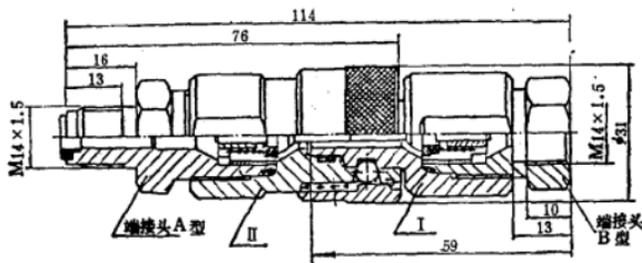


图10-4 快速接头(用于氟利昂制冷剂)

I. 接头体 I. 接头体

五、金属胀锚螺栓

(一) 用途特点

金属胀锚螺栓是一种代替地脚螺栓及其它预埋固定件的新颖紧固件，适用于混凝土构筑物上对水、电、煤、卫等管线的支架固定。对设备支架、底座与混凝土基础、梁、板的固定均能起着紧固作用（对一般动力设备如车、刨、铣、钻、磨等机床的固定皆可选用）。

应用该件螺栓取消了预埋件，所以能提高工效，减轻劳动强度，提高安装质量，并能大大缩短施工周期。对新设计的厂房，采用此种先进紧固装置技术，则不但可简化设计工作，尚可达到一定的经济效果。

(二) 使用规定

1. 使用胀锚螺栓应参照YBJ204-83《YG型胀锚螺栓施工技术暂行规定》。

2. 碳钢胀锚螺栓，一般用于较高承重要求的支吊架的埋入件，以代替预留埋件。

3. 列出的胀锚螺栓静载荷只适于埋设在150°—250°混凝土或钢筋混凝土构件上。

4. 安装胀锚螺栓的构件强度、刚度应满足支吊架载荷及使用要求，一般不考虑钻孔对构件强度影响，但断面较小的构件，应进行核算。

5. 禁止在容易出现裂缝或已产生裂缝的部位埋设承受拉力荷载的胀锚螺栓。

6. 承受主要承重荷载及管道设备荷载的胀锚螺栓，应按计算所要荷载的螺栓断面提高一级采用。

7. 抗剪的胀锚螺栓，其埋深与同样直径抗拉胀锚螺栓的埋深相同。螺栓组合受剪，其间距不小于

7d (d—螺栓公称直径) 时, 可不降低膨胀螺栓的抗剪能力。

8. 膨胀螺栓至构件边缘距离应 $\geq 12d$, 否则承载力应适当降低。

9. 抗拉膨胀螺栓沿一个方向的排列间距小于15d时, 其允许承载力应乘组合降低系数 V_z (见表10—47)。

表 10—47

| 间距 $<d$ 之倍数 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| V_z | 0.67 | 0.70 | 0.73 | 0.77 | 0.80 | 0.83 | 0.87 | 0.90 | 0.93 | 0.97 | 1.00 |

10. 在钢筋混凝土构件中埋设膨胀螺栓, 应注意:

(1) 尽量避开钢筋位置, 不得钻断钢筋。

(2) 预留管道外表面距墙面应不小于12cm,

或不小于膨胀螺栓钻孔深度。

(3) 埋设膨胀螺栓较多的部位, 构件布置钢筋时应考虑留出螺栓钻孔位置。在配筋特多的构件, 尽量少埋或不埋膨胀螺栓。

(4) 在梁、板上埋设膨胀螺栓悬挂吊架时, 如荷载较大, 应在构造上采取措施, 并征得结构工种的同意。

(三) 构造及技术参数

金属膨胀螺栓 (见图10—5) 是由底部成锥形

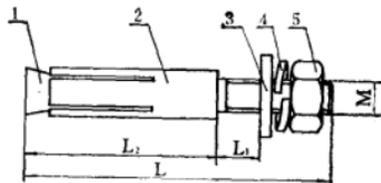


图10—5

1. 锥形螺栓 2. 膨胀套管 3. 平垫圈 4. 弹簧垫圈 5. 螺母

的螺栓，能膨胀的套管，平垫圈，弹簧垫圈和螺母等组成。除弹簧垫圈外其余构件均作镀锌处理。

1. 规格

表 10—48

| | M × L × L ₁ | M × L × L ₁ | M × L × L ₁ |
|-----|------------------------|------------------------|------------------------|
| M6 | 6 × 65 × 10 | 6 × 75 × 20 | 6 × 85 × 30 |
| M8 | 8 × 80 × 15 | 8 × 90 × 25 | 8 × 100 × 35 |
| M10 | 10 × 95 × 20 | 10 × 110 × 35 | 10 × 125 × 50 |
| M12 | 12 × 110 × 20 | 12 × 130 × 40 | 12 × 150 × 60 |
| M16 | 16 × 150 × 30 | 16 × 175 × 55 | 16 × 200 × 80 |

单位：(mm)

2. 技术参数

表 10—49

| | 规格 M × L ₂ (mm) | 钻孔直径 (mm) | 埋深 (mm) | 拉力(kg) | | 剪力(kg) | |
|--------------------|----------------------------------|--------------|------------|--------|------|--------|------|
| | | | | 允许值 | 极限值 | 允许值 | 极限值 |
| 锚固在 75° 砖砌体 | 6 × 55 | 10.5 | 35 | 100 | 305 | 70 | 200 |
| | 8 × 70 | 12.5 | 50 | 225 | 675 | 105 | 319 |
| | 10 × 85 | 14.5 | 55 | 390 | 1175 | 165 | 500 |
| | 12 × 105 | 19.0 | 65 | 440 | 1325 | 245 | 734 |
| | 16 × 140 | 23.0 | 90 | 500 | 1500 | 460 | 1380 |
| 锚固在 150° 混凝土 | 6 × 55 | 10.5 | 35 | 245 | 610 | 80 | 200 |
| | 8 × 70 | 12.5 | 50 | 540 | 1350 | 150 | 375 |
| | 10 × 85 | 14.5 | 55 | 940 | 2350 | 235 | 588 |
| | 12 × 105 | 19.0 | 65 | 1000 | 2650 | 345 | 863 |
| | 16 × 140 | 23.0 | 90 | 1250 | 3100 | 650 | 1625 |

六、金属丝网

一般金属网的类别、结构型式、特点和用途。

表 10—50

| 类 别 | | 材 料 | 结 构 型 式 | 适 用 规 格 范 围 | 特 点 | 主 要 用 途 |
|-------------|--------------|----------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|---|
| 名 称 | 别 称 | | | | | |
| 铜 丝 网 | 黄铜丝网 | 黄铜丝布 | 平纹编 织方孔 网或斜 方孔网 | 每英寸4—160孔 (网号55—010) | 网孔准确、结 构平整、富有 铜合金性能。 | 适用于筛滤化学粉末、粮食加工和过滤 各种油类、液体；也用作机器、仪表、电 讯器材中的结构零件，如骨架撑持构件。 |
| | 紫铜丝网 | 紫铜丝布 | | 紫铜丝 | | |
| | 磷青铜丝网 | 磷青铜丝布 | | 磷青铜丝 | | |
| 镀锌铁丝网 | 白铁丝布 白铅丝布 | 镀锌低碳 钢丝 | | 每英寸2—60孔 (网号117—027) | 结构牢固、 不易生锈 | 筛选各种干而酸、碱性低的颗粒物质以 及过滤、防护之用。 |
| 黑铁丝网 | 黑铁丝布 黑铅丝布 | 经过热处理的 低碳钢丝 | | 每英寸28—50孔 (网号006—032) | 平整挺硬、耐磨耐 压、网孔不易变形 | 在具有压力或摩擦作用条件下作筛选、 过滤之用。 |
| 不锈钢丝网 | | 不锈钢钢丝 | | | 强度高，耐腐蚀， 耐高温，耐压。 | 用于筛选，过滤强腐蚀性物质，一般多 用于化工、医药等工业。 |
| 稀有贵金属丝网 | | 铂、镍、银、 钨、钨丝 | | | 精度高、结构细 致，有特殊性能。 | 用于化工、医药等工业，作特殊物质筛 选、过滤之用。 |

标记举例

网号、种类：网孔数或根数×丝号或直径×网宽——长度×数量
如：12.1紫铜丝网；16×28"×610毫米——15米×4件。

1. 铜 丝 网

表 10—51

| 参考孔数 | | 丝 径 (mm) | 净孔径 (mm) | 有效面积 (%) | 理论重量 (kg/m ²) | 参考孔数 | | 丝 径 (mm) | 净孔径 (mm) | 有效面积 (%) | 理论重量 (kg/m ²) |
|------|------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|------|------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|
| 目/in | 目/cm | | | | | 目/in | 目/cm | | | | |
| 7 | 2.8 | 0.610 | 3.019 | 69 | 1.443 | 30 | 11.8 | 0.315 | 0.532 | 40 | 1.653 |
| 10 | 4.0 | 0.559 | 1.981 | 61 | 1.728 | 30 | 11.8 | 0.234 | 0.614 | 53 | 0.904 |
| 12 | 4.7 | 0.457 | 1.650 | 61 | 1.397 | 32 | 12.6 | 0.213 | 0.581 | 54 | 0.807 |
| 14 | 5.5 | 0.376 | 1.438 | 63 | 1.089 | 34 | 13.4 | 0.213 | 0.534 | 52 | 0.858 |
| 14 | 5.5 | 0.457 | 1.357 | 56 | 1.630 | 36 | 14.2 | 0.213 | 0.493 | 50 | 0.907 |
| 16 | 6.3 | 0.315 | 1.273 | 65 | 0.883 | 36 | 14.2 | 0.234 | 0.472 | 44 | 1.081 |
| 16 | 6.3 | 0.457 | 1.131 | 50 | 1.860 | 40 | 15.7 | 0.173 | 0.462 | 54 | 0.656 |
| 18 | 7.1 | 0.315 | 1.096 | 64 | 0.993 | 50 | 19.7 | 0.152 | 0.356 | 50 | 0.639 |
| 18 | 7.1 | 0.417 | 0.993 | 49 | 1.732 | 60 | 23.6 | 0.152 | 0.271 | 41 | 0.767 |
| 18 | 7.1 | 0.457 | 0.954 | 46 | 2.092 | 60 | 23.6 | 0.122 | 0.301 | 51 | 0.497 |
| 20 | 8.0 | 0.274 | 0.996 | 62 | 0.821 | 80 | 31.5 | 0.102 | 0.216 | 17 | 0.459 |
| 20 | 8.0 | 0.315 | 0.955 | 60 | 1.402 | 80 | 31.5 | 0.122 | 0.196 | 38 | 0.656 |
| 22 | 8.6 | 0.274 | 0.880 | 59 | 0.903 | 100 | 39.4 | 0.08 | 0.173 | 50 | 0.364 |
| 24 | 9.5 | 0.254 | 0.804 | 58 | 0.800 | 100 | 39.4 | 0.091 | 0.163 | 46 | 0.457 |
| 26 | 10.2 | 0.234 | 0.743 | 59 | 0.784 | 120 | 17.2 | 0.07 | 0.141 | 50 | 0.337 |
| 28 | 11 | 0.234 | 0.673 | 56 | 0.844 | 120 | 17.2 | 0.081 | 0.131 | 38 | 0.436 |

2. 黑低碳钢丝网

表 10—52

| 参 考 孔 数 | | 丝 径 (mm) | 净 孔 径 (mm) | 有 效 面 积 (%) | 理 论 重 量 (kg/m ²) |
|---------|------|-------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| 目/in | 目/cm | | | | |
| 18 | 7.1 | 0.41 | 1.000 | 49 | 1.530 |
| 20 | 8.0 | 0.37 | 0.900 | 49 | 1.380 |
| 22 | 8.6 | 0.37 | 0.785 | 45 | 1.520 |
| 24 | 9.5 | 0.35 | 0.708 | 46 | 1.500 |
| 26 | 10.2 | 0.35 | 0.587 | 43 | 1.660 |
| 28 | 11 | 0.31 | 0.597 | 43 | 1.360 |
| 30 | 11.8 | 0.31 | 0.537 | 40 | 1.460 |
| 32 | 12.6 | 0.29 | 0.504 | 40 | 1.360 |
| 34 | 13.4 | 0.27 | 0.467 | 41 | 1.300 |
| 36 | 14.2 | 0.27 | 0.436 | 38 | 1.300 |
| 38 | 15 | 0.26 | 0.408 | 39 | 1.130 |
| 40 | 15.7 | 0.25 | 0.385 | 37 | 1.170 |
| 42 | 16.5 | 0.24 | 0.365 | 38 | 1.130 |
| 44 | 17.4 | 0.23 | 0.347 | 30 | 1.170 |
| 46 | 18 | 0.21 | 0.342 | 38 | 1.025 |
| 48 | 19 | 0.20 | 0.329 | 41 | 0.880 |

(续)

| 参 考 孔 数 | | 丝 径 (mm) | 净 孔 径 (mm) | 有 效 面 积 (%) | 理 论 重 量 (kg/m ²) |
|---------|------|-------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| 目/in | 目/cm | | | | |
| 50 | 19.7 | 0.19 | 0.318 | 39 | 0.907 |
| 56 | 22 | 0.17 | 0.274 | 39 | 0.182 |

3. 不锈钢丝网

表 10-53

| 参考孔数 | | 丝 径 (mm) | 净孔径 (mm) | 有效面积 (%) | 理论重量 (kg/m ²) | 参考孔径 | | 丝 径 (mm) | 净孔径 (mm) | 有效面积 (%) | 理论重量 (kg/m ²) |
|------|------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|------|------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|
| 目/in | 目/cm | | | | | 目/in | 目/cm | | | | |
| 4 | 1.57 | 1 | 5.33 | 70 | 2.02 | 7 | 2.8 | 0.61 | 3.019 | 69 | 1.255 |
| 5 | 2 | 0.91 | 4.17 | 67 | 1.998 | 8 | 3.2 | 0.56 | 2.616 | 68 | 1.202 |
| 5 | 2 | 1 | 4.06 | 64 | 2.51 | 9 | 3.6 | 0.61 | 2.212 | 61 | 1.608 |
| 6 | 2.4 | 0.71 | 3.525 | 69 | 1.46 | 10 | 4.0 | 0.503 | 2.032 | 64 | 1.237 |
| 6 | 2.4 | 0.61 | 3.636 | 74 | 1.074 | 10 | 4.0 | 0.559 | 1.981 | 61 | 1.503 |

• 661 •

表 10—54

| 参考孔数 | | 丝 径 (mm) | 净孔径 (mm) | 有效面积 (%) | 理论重量 (kg/m ²) | 参考孔数 | | 丝 径 (mm) | 净孔径 (mm) | 有效面积 (%) | 理论重量 (kg/m ²) |
|------|------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|------|------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|
| 目/in | 目/cm | | | | | 目/in | 目/cm | | | | |
| 12 | 4.7 | 0.508 | 1.60 | 40 | 1.484 | 26 | 10.2 | 0.234 | 0.743 | 59 | 0.682 |
| 12 | 4.7 | 0.457 | 1.65 | 61 | 1.215 | 28 | 11.1 | 0.273 | 0.634 | 49 | 0.999 |
| 14 | 5.5 | 0.457 | 1.357 | 56 | 0.947 | 28 | 11.1 | 0.234 | 0.673 | 56 | 0.734 |
| 14 | 5.5 | 0.376 | 1.438 | 63 | 1.418 | 30 | 11.8 | 0.315 | 0.532 | 40 | 1.438 |
| 16 | 6.3 | 0.508 | 1.029 | 42 | 1.976 | 30 | 11.8 | 0.254 | 0.593 | 50 | 0.87 |
| 16 | 6.3 | 0.376 | 1.212 | 58 | 1.096 | 30 | 11.8 | 0.234 | 0.614 | 53 | 0.786 |
| 16 | 6.3 | 0.315 | 1.273 | 65 | 0.768 | 32 | 12.6 | 0.234 | 0.560 | 50 | 0.839 |
| 16 | 6.3 | 0.254 | 1.334 | 70 | 0.465 | 36 | 14.2 | 0.234 | 0.472 | 46 | 0.943 |
| 18 | 7.1 | 0.375 | 1.035 | 54 | 1.231 | 38 | 15 | 0.213 | 0.455 | 46 | 0.833 |
| 18 | 7.1 | 0.315 | 1.096 | 61 | 0.864 | 40 | 15.7 | 0.254 | 0.381 | 37 | 1.159 |
| 20 | 8.0 | 0.417 | 0.853 | 45 | 1.678 | 40 | 15.7 | 0.213 | 0.422 | 45 | 0.877 |
| 20 | 8.0 | 0.376 | 0.894 | 49 | 1.367 | 40 | 15.7 | 0.193 | 0.442 | 49 | 0.713 |
| 20 | 8.0 | 0.315 | 0.955 | 57 | 0.959 | 50 | 19.7 | 0.152 | 0.356 | 50 | 0.561 |
| 22 | 8.6 | 0.315 | 0.840 | 53 | 1.055 | 60 | 23.6 | 0.122 | 0.301 | 51 | 0.432 |
| 22 | 8.6 | 0.273 | 0.881 | 59 | 0.786 | 80 | 31.5 | 0.102 | 0.216 | 47 | 0.399 |
| 24 | 9.5 | 0.315 | 0.713 | 48 | 1.15 | 100 | 39.4 | 0.081 | 0.173 | 46 | 0.317 |
| 24 | 9.5 | 0.273 | 0.785 | 56 | 0.856 | 120 | 47.2 | 0.081 | 0.131 | 38 | 0.379 |
| 26 | 10.2 | 0.315 | 0.662 | 46 | 1.248 | | | | | | |

4. 机织热镀锌六角形钢丝网 (沪Q/J427-63)

表 10-55

| | | | | | | |
|--------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 公称网孔 (mm) | 12 | 16 | 20 | 25 | 40 | 50 |
| 实际网孔 (mm) | 15 ⁺¹ | 18 ^{+1.5} | 22 ⁺¹ | 28 ⁺¹ | 44 ⁺¹ | 56 ⁺¹ |
| 斜边长短差 (mm) | 2.5 | 2.5 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 规格 (宽×长) (m) | 丝径 (毫米) | | | | | |
| 1×50 | 0.81 | 0.81 | 1.25, 1.07, | 1.25, 1.07, | 1.25, 1.07, | 1.25, 1.07, |
| 1×30 | 0.71 | 0.71 | 0.89, 0.81, | 0.89, 0.81, | 0.89, 0.81, | 0.89, 0.81, |
| 1×25 | 0.64 | 0.64 | 0.71, 0.64, | 0.71, 0.64, | 0.71, 0.64, | 0.71, |
| 1×20 | | | | | | |
| 2×50 | 同 上 | 同 上 | 同 上 | 同 上 | 同 上 | 同 上 |
| 2×20 | | | | | | |

注: ①此网适用于管道、设备绝热时的丝网。

②此网先织后镀, 材料为低碳钢。

5. 镀锌低碳钢丝网

表 10-56

| 参 考 孔 数 (目/in) | 丝 径 (mm) | 参 考 孔 数 (目/in) | 丝 径 (mm) | 参 考 孔 数 (目/in) | 丝 径 (mm) |
|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| 3 | 0.914 | 9 | 0.457 | 22 | 0.234 |
| 4 | 0.711 | 10 | 0.457 | 24 | 0.234 |
| 4.5 | 0.600 | 12 | 0.378 | 26 | 0.193 |
| 5 | 0.600 | 14 | 0.315 | 28 | 0.193 |
| 6 | 0.600 | 16 | 0.315 | 30 | 0.193 |
| 7 | 0.600 | 18 | 0.274 | 32 | 0.193 |
| 8 | 0.559 | 20 | 0.274 | | |

6. 尼龙丝网

表 10—57

| 参 考 孔 数 | | 丝 径 (mm) | 净 孔 径 (mm) | 有 效 面 积 (%) |
|---------|------|-------------|---------------|----------------|
| 目/in | 目/cm | | | |
| 12 | 4.7 | 0.55 | 1.514 | 51.28 |
| 14 | 5.5 | 0.40 | 1.315 | 52.53 |
| 16 | 6.3 | 0.40 | 1.147 | 52.20 |
| 18 | 7.1 | 0.35 | 1.025 | 52.87 |
| 20 | 7.9 | 0.35 | 0.892 | 48.78 |
| 30 | 11.8 | 0.25 | 0.516 | 37.21 |
| 40 | 15.7 | 0.25 | 0.360 | 32.00 |
| 50 | 19.7 | 0.20 | 0.288 | 32.13 |
| 60 | 23.6 | 0.20 | 0.258 | 37.20 |
| 70 | 27.5 | 0.15 | 0.198 | 29.74 |
| 80 | 31.5 | 0.15 | 0.208 | 42.79 |
| 90 | 35.4 | 0.10 | 0.172 | 37.20 |
| 100 | 39.4 | 0.10 | 0.144 | 32.14 |

七、建筑材料

表 10-58

| 序号 | 材料名称 | 规格 | 密度 ρ (kg/m^3) | 测定时重量 温度 W_z (%) | 热导率 λ' 测定值 $W/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 设计采用 热导率 λ $W/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 热扩散 率 a (m^2/h) | 比热 C_p $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 蓄热系数 S_{24} $W/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | 蒸汽渗透 率 $\mu \times 10^5$ $\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$ |
|----|------------------------------|----|--|--------------------------|--|--|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 碎石混凝土 | | 2280 | 0 | 1.5119 | 1.5119 | 3.33 | 0.7118 | 13.3629 | 4.50036 |
| 2 | 钢筋混凝土 | | 2400 | — | 1.5468 | 1.5468 | 2.77 | 0.8374 | 14.9446 | 3.00024 |
| 3 | 石料 大理石、花岗岩、 玄武岩 石灰岩 | | 2800 | — | 3.489 | 3.489 | 4.87 | 0.9211 | 25.4697 | 2.10017 |
| | | | 2000 | — | 1.163 | 1.163 | 2.27 | 0.9211 | 12.5604 | 6.45052 |
| 4 | 实心重砂浆、普 通粘土砖砌体 | | 1800 | — | 0.8141 | 0.8141 | 1.85 | 0.8792 | 9.6529 | 10.50084 |
| 5 | 土壤、砂、碎石、 亚粘土 亚粘土 | | 1980 | 10 | 1.1746 | 1.1746 | 1.87 | 1.1304 | 13.7816 | 9.75078 |
| | | | 1840 | 15 | 1.1165 | 1.1165 | 1.72 | 1.2560 | 13.6536 | |

(续)

| 序号 | 材料名称 | 规格 | 密度 ρ (kg/m^3) | 测定时重量 温度 W_z (%) | 热导率 λ' 测定值 $W/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 设计采用 热导率 λ $W/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 热扩散 率 a (m^2/h) | 比热 C_p $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 蓄热系数 S_{24} $W/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | 蒸汽渗透 率 $\mu \times 10^5$ $\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$ |
|----|------|--------------|--|--------------------------|--|--|---|---|---|---|
| 6 | 干砂填料 | 中砂 | 1460 | 0 | 0.2559 | 0.5815 | 0.82 | 0.7536 | 4.5241 | 16.50132 |
| | | 粗砂 | 1400 | 0 | 0.2442 | 0.5815 | 0.77 | 0.7536 | 4.0821 | 16.50132 |
| 7 | 水泥砂浆 | 1:2.5 | 2030 | 0 | 0.9304 | 0.9304 | 2.07 | 0.7955 | 10.3507 | 9.00072 |
| 8 | 混合砂浆 | | 1700 | — | 0.8723 | 0.8723 | 2.21 | 0.8374 | 9.4668 | 9.75078 |
| 9 | 石灰砂浆 | | 1600 | — | 0.8141 | 0.8141 | 2.19 | 0.8374 | 8.8737 | 12.00096 |
| 10 | 建筑钢材 | | 7800 | 0 | 58.15 | 58.15 | 58.28 | 0.4805 | 120.952 | 0 |
| 11 | 铝 | | 27.0 | 0 | 202.9435 | 202.9435 | 309.00 | 0.8374 | 162.591 | 0 |
| 12 | 红松 | 热流方向 顺木纹 | 510 | — | 0.4419 | 0.4419 | 1.40 | 2.2190 | 6.0476 | 3.45028 |
| | | 热流方向 垂直木纹 | 420 | — | 0.1105 | 0.1163 | 0.53 | 1.8003 | 2.4423 | 16.80134 |

(续)

| 序号 | 材料名称 | 规格 | 密度 ρ (kg/m^3) | 测定时重量 温度 W_z (%) | 热导率 λ' 测定值 $W/(m \cdot K)$ | 设计采用 热导率 λ $W/(m \cdot K)$ | 热扩散 率 a (m^2/h) | 比热 C_p $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ | 蓄热系数 S_{24} $W/(m^2 \cdot K)$ | 蒸汽渗透 率 $\mu \times 10^5$ $\text{g}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$ |
|----|----------|----------------------------|--|--------------------------|--|--|---|---|---------------------------------------|---|
| 13 | 炉渣 | | 660 | 0 | 0.1745 | 0.2908 | 1.00 | 0.8374 | 2.4772 | 21.75174 |
| | | | 900 | — | 0.2442 | 0.3489 | 0.91 | 1.0866 | 4.1170 | 20.25162 |
| | | | 1000 | — | 0.2908 | 0.4071 | 1.25 | 0.8374 | 4.2217 | 19.50156 |
| 14 | 炉渣混凝土 | 1:1:8 | 1280 | 0 | 0.4187 | 0.5815 | 1.44 | 0.8374 | 5.6987 | 10.50084 |
| | | 1:1:10 | 1150 | 0 | 0.3722 | 0.5234 | 1.45 | 0.7955 | 4.652 | 10.50084 |
| 15 | 胶合板 | 三合板 | 540 | — | 0.1512~ 0.1745 | 0.1745 | 0.46 | 1.5491 | 2.5586 | 10.50084 |
| 16 | 纤维板 | | 945 | — | 0.2675 | 0.2675 | 0.30 | 1.5072 | 3.489 | 10.50084 |
| 17 | 刨花板 | | 650 | — | 0.2210 | 0.2210 | 0.42 | 1.6329 | 3.0238 | 10.50084 |
| 18 | 聚苯乙烯泡沫塑料 | 普通型、 自变性 自熄型、 可发性 | 18 | — | 0.0361 | 0.0465 | 6.23 | 1.1723 | 0.2326 | 2.77522 |
| | | | 19 | — | 0.0349 | 0.0465 | 5.52 | 1.2142 | 0.2326 | 2.55020 |

(续)

| 序号 | 材料名称 | 规格 | 密度 ρ (kg/m^3) | 测定时重量 温度 W_z (%) | 热导率 λ' 测定值 $W/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 设计采用 热导率 λ $W/(\text{m}\cdot\text{K})$ | 热扩散 率 a (m^2/h) | 比热 C_p $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ | 蓄热系数 S_{24} $W/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | 蒸汽渗透 率 $\mu \times 10^5$ $\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$ |
|----|----------------|-------|--|--------------------------|--|--|---|---|---|---|
| 19 | 乳液聚苯乙烯 泡沫塑料 | | 37 | — | 0.0337 | 0.0442 | 3.06 | 1.0886 | 0.3140 | — |
| 20 | 聚氨酯泡沫塑料 | 硬质聚氨酯 | 40 | — | 0.0221 | 0.0314 | 1.65 | 1.2560 | 0.2791 | 2.55020 |
| 21 | 沥青玻璃棉毡 | | 70 | — | 0.0419 | 0.0814 | 1.42 | 1.3816 | 0.5699 | — |
| | | | 100 | — | 0.0442 | 0.0814 | 1.037 | 1.3398 | 0.6164 | — |
| | | | 150 | — | 0.0442 | 0.0814 | 0.88 | 1.2142 | 0.7560 | 48.7539 |
| 22 | 沥青玻璃棉半硬板 | | 120 | — | 0.0407 | 0.07556 | — | — | — | — |
| 23 | 玻璃纤维板 | | 60 | — | 0.0372 | 0.07556 | 1.90 | 1.1723 | 0.4419 | — |
| | | | 90 | — | 0.0407 | 0.07556 | 1.40 | 1.0886 | 0.5117 | — |
| | | | 120 | — | 0.0430 | 0.0814 | 1.13 | 1.0048 | 0.5699 | 48.7539 |
| 24 | 矿渣棉〔1〕 | | 60 | — | 0.0337 | 0.0814 | 2.16 | 1.0886 | 0.3838 | — |
| | | | 90 | — | 0.0349 | 0.0814 | 1.26 | 1.0467 | 0.4652 | 48.7539 |
| 25 | 沥青矿渣棉毡〔1〕 | | 120 | — | 0.0361 | 0.0814 | 1.09 | 1.0048 | 0.5582 | — |
| | | | 160 | — | 0.0372 | 0.0814 | 0.90 | 0.9211 | 0.6280 | 48.7539 |

(续)

| 序号 | 材料名称 | 规格 | 密度 ρ (kg/m ³) | 测定时重量 温度Wz (%) | 热导率 λ' 测定值 W/(m·K) | 设计采用 热导率 λ W/(m·K) | 热扩散 率 a (m ² /h) | 比热 Cp kJ/(kg·K) | 蓄热系数 S ₂₄ W/(m ² ·K) | 蒸汽渗透 率 $\mu \times 10^5$ g/(m·h·Pa) |
|----|-----------|----------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--|---|
| 26 | 矿渣棉半硬板(1) | | 65 | — | 0.0351 | 0.0756 | 1.68 | 1.2142 | 0.4536 | — |
| 27 | 岩棉半硬板(1) | | 186 100 | — — | 0.0384 0.0361 | 0.0756 0.0756 | 0.904 1.35 | 0.8374 0.9630 | 0.6513 0.5001 | 48.7539 — |
| 28 | 膨胀珍珠岩 | I 类 | <80(70) | (5.8) | <0.0523 (0.0523) | 0.0872 | 2.11 | 1.2979 | 0.5315 | — |
| | | II 类 | 80~150 (150) | (0.6) | 0.0523~ 0.0640 (0.0558) | 0.0872~ 0.1047 | 1.18 | 1.0467 | 0.8141 | — |
| | | III 类 | 150~250 | — | 0.0640~ 0.0756 | 0.1047~ 0.1279 | — | — | — | — |
| 29 | 水泥珍珠岩(2) | 1:12:1.6 | 380 | 0 | 0.0861 | 沥青铺砌 0.1163 | 0.91 | 0.8792 | 1.5119 | 9.00072 |
| | | 1:8:1.45 | 540 | 0 | 0.1163 | 沥青铺砌 0.1512 | 0.92 | 0.8792 | 2.0353 | — |

(续)

| 序号 | 材料名称 | 规格 | 密度 ρ (kg/m^3) | 测定时重量 温度 W_z (%) | 热导率 λ' 测定值 $W/(m \cdot K)$ | 设计采用 热导率 λ $W/(m \cdot K)$ | 热扩散 率 a (m^2/h) | 比热 C_p $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ | 蓄热系数 S_{24} $W/(m^2 \cdot K)$ | 蒸汽渗透 率 $\mu \times 10^5$ $\text{g}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$ |
|----|---------------|--------------------------------------|--|--------------------------|--|--|---|---|---------------------------------------|---|
| 30 | 水玻璃珍珠岩[2] | | 300 | 0 | 0.0779 | 沥青铺砌 0.1047 | 1.12 | 0.8374 | 1.2793 | 15.0012 |
| 31 | 沥青珍珠岩 | 珍珠岩, 沥青(压 比) | | | | | | | | |
| | | $1\text{m}^3:75\text{kg}$ (2:1) | 260 | — | 0.0768 | 0.0930 | 0.75 | 1.3816 | 1.4189 | 6.00048 |
| | | $1\text{m}^3:100\text{kg}$ (2:1) | 380 | — | 0.0954 | 0.1163 | 0.55 | 1.6329 | 2.0585 | — |
| | | $1\text{m}^3:60\text{kg}$ (1.5:1) | 220 | — | 0.0616 | 0.0756 | 0.81 | 1.2560 | 1.1165 | — |
| 32 | 乳化沥青膨胀 珍珠岩 | 乳化沥 青·珍珠岩 =4:1 压比1.8:1 | 350 | — | 0.0907 | 0.1105 | 0.71 | 1.3398 | 1.7329 | 6.90055 |

(续)

| 序号 | 材料名称 | 规格 | 密度 ρ (kg/m ³) | 测定时重量 温度 W_z (%) | 热导率 λ' 测定值 W/(m·K) | 设计采用 热导率 λ W/(m·K) | 热扩散 率 a (m ² /h) | 比热 C_p kJ/(kg·K) | 蓄热系数 S_{24} W/(m ² ·K) | 蒸汽渗透 率 $\mu \times 10^5$ g/(m·h·Pa) |
|----|----------|------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|---|
| 33 | 加气混凝土[2] | 蒸汽养护 | 500 | 0 | 0.1163 | 沥青铺砌 0.152 | 0.93 | 0.9630 | 2.0236 | 9.97580 |
| 34 | 泡沫混凝土[2] | | 370 | 0 | 0.0977 | 沥青铺砌 0.1279 | 0.89 | 0.8374 | 1.3258 | 18.00144 |
| 35 | 软木 | | 170 | — | 0.0582 | 0.0698 | 0.62 | 2.0515 | 1.1863 | 2.55020 |
| 36 | 稻壳 | | 120 | 5.9 | 0.0605 | 0.1512 | 1.09 | 1.6747 | 0.9420 | 45.0036 |

注：1. 棉花应在在围护结构内实际填充密实程度的重度选用设计采用的热导率（导热系数），凡棉花装置于双面铁皮夹层板内使用时，其设计采用的热导率可按测定值，乘以1.3修正系数。

2. 水泥珍珠岩、水玻璃珍珠岩、加气混凝土、泡沫混凝土设计采用的热导率为用沥青铺砌时的数值。

八、水产品冻结盘 (GB4602-84)

1. 标记示例

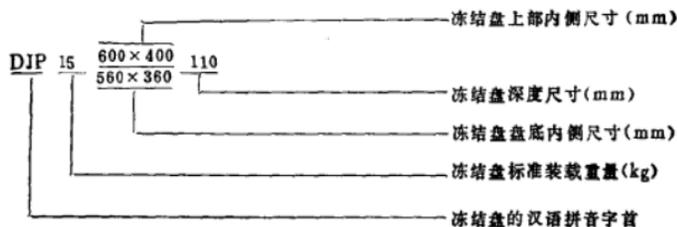


表 10-59

| 冻结盘标记 | | 标准容积 (cm^3) | 标准装载 重量 (kg) | 基本尺寸 (mm) | | | | |
|-------|---|---------------------------|--------------------|-----------|-----|--------|-----|------------|
| 第一系列 | 第二系列 | | | 上部内侧尺寸 | | 盘底内侧尺寸 | | 盘深度 (h) |
| | | | | 长边 | 短边 | 长边 | 短边 | |
| | DJP20 $\frac{600 \times 400}{560 \times 360}$ 130 | 28669 | 20 | 600 | 400 | 560 | 360 | 130 |

(续)

| 冻 结 盘 标 记 | | 标准容积 (cm ³) | 标准装载 重 量 (kg) | 基 本 尺 寸 | | | | |
|---|---|----------------------------|---------------------|---------|-----|--------|-----|-------------------|
| 第 一 系 列 | 第 二 系 列 | | | 上部内侧尺寸 | | 盘底内侧尺寸 | | 盘深度 (h) |
| | | | | 长 边 | 短 边 | 长 边 | 短 边 | |
| DJP15 $\frac{600 \times 400}{560 \times 360}$ 110 | DJP15 $\frac{600 \times 400}{560 \times 360}$ 120 | $\frac{24259}{26464}$ | 15 | 600 | 400 | 560 | 360 | $\frac{110}{120}$ |
| DJP10 $\frac{600 \times 400}{570 \times 370}$ 80 | | 18024 | 10 | 600 | 400 | 570 | 370 | 80 |
| | DJP5 $\frac{390 \times 290}{360 \times 260}$ 80 | 8256 | 5 | 390 | 290 | 360 | 260 | 80 |
| DJP2.5 $\frac{290 \times 180}{265 \times 155}$ 75 | | 3490 | 2.5 | 290 | 180 | 265 | 155 | 75 |
| DJP2 $\frac{290 \times 180}{265 \times 155}$ 65 | | 3025 | 2 | 290 | 180 | 265 | 155 | 65 |
| DJP1 $\frac{180 \times 145}{165 \times 130}$ 50 | | 1187 | 1 | 180 | 145 | 165 | 130 | 50 |
| DJP0.5 $\frac{145 \times 95}{130 \times 80}$ 45 | | 542 | 0.5 | 145 | 95 | 130 | 80 | 45 |

2. 技术要求

(1) 金属冻结盘盘体采用镀锌钢板YB181-65《镀锌用原板和酸洗薄钢板品种》制成。装载重量5 kg以上的冻结盘,板厚度为0.7—0.8mm;装载重量2.5kg以下的冻结盘,板厚度为0.6mm,或采用厚度为0.8mm的防锈铝板(LF2)拉伸成型制成容器。

(2) 冻结盘的盘口边框采用YB243-65《一般用途热镀锌低碳钢丝》规定的热镀锌低碳钢丝或GB704-65《热轧扁钢品种》规定的热轧扁钢制做,并做防锈处理。

(3) 冻结盘的盘体不得采用拼合焊接。

(4) 冻结盘的两端包卷折角处,金属板的包卷、折叠只许压制成型。除盘口边框允许采用铆钉连接外,其他各部不得采用铆钉连接。

(5) 盘体的内外表面的镀锌层,不许有严重划痕脱落或表面锈蚀污染。

(6) 盘体的盘口边缘与边框的连接,其结合必须紧密,周边与边框包卷均匀光滑,不得有翘曲、皱纹、毛刺等现象。

(7) 压制盘体时各部分所形成的圆角,其半径不得大于R5。

(8) 冻结盘内侧尺寸制造偏差,应按IT15级GB1804-79《公差与配合未注公差尺寸的极限偏差》精度制造。

(9) 冻结盘的底面及侧面的平面度用直尺透光检查时,在200mm内不超过1mm。

(10) 每批制做的冻结盘抽检10%,并计算平均重量,冻结盘的重量偏差不得超过平均重量的3%。

九、橡胶板

(用途) 橡胶板常见的有橡胶平板、夹布橡胶平板和花纹胶板三种。橡胶平板和夹板橡胶平板用

于制造机器的垫圈、密封衬垫、缓冲衬垫，以及供制造其他零件之用；夹布橡胶平板由于增加了夹布

层，多用于需要防止过度伸长和压力要求较高的场合；花纹胶板则专供减振、铺地、衬垫等用。

(1) 宽度、厚度和长度

表 10—60

| 种 类 | 宽 度(mm) | 厚 度(mm) | 长 度(m) |
|---------|----------|---------|--------|
| 橡 胶 平 板 | 200—1000 | 0.5—50 | 3—10 |
| 夹布橡胶平板 | 200—1000 | 1—6 | 3—10 |
| 花 纹 胶 板 | 200—1000 | 2.5—3 | 3—10 |

(2) 厚度和含胶量系列

表 10—61

| | |
|-----------------|--|
| 厚 度 系 列 (mm) | 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 40, 50 |
| 含 胶 量 (%) | 10, 15, 20, 30, 40, 45, 50, 60, 70, 80 |

注：含胶量以20%和30%最常用。

十、油 毡

石油沥青油毡——200号适用于简单建筑防

水、临时性建筑防潮及包装等；350号和500号粉毡适用作多层防水层的各层或屋面层；350号和500号片毡仅适用于单层防水。煤沥青油毡——适用于地

下防水、建筑防潮及包装等。矿棉纸油毡——适用 物防水层和金属管道（热管道除外）耐腐蚀的保护层。
作铺设地下或平屋面防水层，也可作铺设其他构筑

表 10-62

| 名称及标准号码 | 标 号 | 每卷重量 (kg) ≥ | 原纸重量 (g/m ²) ≥ | 浸渍材料 | 涂盖材料 | 浸水24小时后 吸水率(%) ≤ | 抗拉强度(在18℃ 时纵 向)(kg) ≥ |
|----------------------|---------------|-------------------|----------------------------------|--------------|--------------|------------------------|-----------------------------|
| 石油沥青油毡 (GB326-73) | 粉毡—200 | 17 | 200 | 低软化点石油 沥青 | 高软化点石油 沥青 | 1 | 32 |
| | 片毡—200 | 19 | 200 | | | 3 | 32 |
| | 粉毡—350 | 28 | 350 | | | 1 | 44 |
| | 片毡—350 | 30 | 350 | | | 3 | 44 |
| | 粉毡—500 | 39 | 500 | | | 1 | 52 |
| | 片毡—500 | 41 | 500 | | | 3 | 52 |
| 煤沥青油毡 (JG73-64) | 煤粉毡—350 | 23 | 350 | 低软化点煤 沥青 | 高软化点煤 沥青 | 3 | 40 |
| | 煤片毡—350 | 25 | | 5 | | | |
| 矿棉纸油毡 (JG74-64) | 矿毡—60 (粉毡) | 31.5 | 400 | 低软化点石 油沥青 | 高软化点石 油沥青 | 1 | 30 |

注：1. 撒布材料：粉毡为粉状，片毡为片状。

2. 油毡的宽度为915mm，每卷总面积为20m²。

十一、冷库常用防潮、隔汽材料的热物理系数

表 10-63

| 序 号 | 材 料 名 称 | 密度 ρ (kg/m^3) | 厚度 δ (mm) | 热导率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ | 热绝缘系数 M ($\text{m}\cdot^\circ\text{C})/\text{W}$ | 导温系数 $a \times 10^3$ (m^2/h) | 比 热 容 C $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ | 蓄热系数 S_{24} $\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ | 蒸汽渗透率 $\mu \times 10^3$ $\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$ | 蒸汽渗透阻 H ($\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})/\text{g}$ |
|--------|--------------|---|---------------------|---|---|--|--|--|--|---|
| 1 | 石油沥青油毡(350号) | 1130 | 1.5 | 0.27 | 0.0052 | 0.32 | 1.59 | 4.58 | 0.00135 | 1106.57 |
| 2 | 石油沥青或玛蹄脂一道 | 980 | 2.0 | 0.20 | 0.0103 | 0.33 | 2.14 | 5.41 | 0.0075 | 266.64 |
| 3 | 一毡二油 | | 5.5 | | 0.0258 | | | | | 1629.86 |
| 4 | 二毡三油 | | 9.0 | | 0.0413 | | | | | 3013.08 |
| 5 | 聚乙烯塑料薄膜 | 1200 | 0.07 | 0.16 | 0.0017 | 0.28 | 1.42 | 3.98 | 0.0000203 | 3166.37 |

十二、氟利昂水分指示器

氟利昂水分指示器适合于各种氟利昂制冷系统

使用的管道附件。在制冷系统的液体管线中安装该附件后，操作人员可随时通过附件的玻璃视镜及其中的变色指示片观察了解系统中制冷工质流动情况和制冷剂中水分的含量。当指示片呈淡天蓝色时，表

示制冷剂处于干燥状态。当指示片呈水灰色时，表示制冷剂已含水分。当指示片呈淡粉红色时，表示制冷剂中所含水分超出允许值，处于潮湿状态，必须对制冷剂进行干燥处理，以防出现冰塞而造成事

故。另外，还可以将指示器安装于系统的回油管路观察润滑油的回油，及时发现回油系统的不正常情况，采取必要的措施。

1. 水分指示器灵敏度见表10—64。

水分指示器灵敏度（色标水分，含量—p.p.m）

表 10—64

| 制冷剂液温 | R12 | | | R22 | | | R502 | | |
|-------------|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | 24℃ | 38℃ | 52℃ | 24℃ | 38℃ | 52℃ | 24℃ | 38℃ | 52℃ |
| 淡天蓝色 (干) | 低于5 | 低于10 | 低于15 | 低于30 | 低于45 | 低于60 | 低于15 | 低于25 | 低于30 |
| 水灰色 (警告) | 5~15 | 10~30 | 15~45 | 30~120 | 45~180 | 60~240 | 15~60 | 25~90 | 30~120 |
| 淡粉红色 (湿) | 高于16 | 高于36 | 高于45 | 高于120 | 高于180 | 高于240 | 高于60 | 高于90 | 高于120 |

2. 氟利昂水分指示器型号规格

表 10—65

| 产 品 型 号 | 外 形 尺 寸(mm) | | | 接 管 直 径 及 规 格 (mm) | | | 重 量 (kg) |
|---------|-------------|----|----|--------------------|----------------------|-------------------|-------------|
| | 长 | 宽 | 高 | 直 径 | 规 格 | 连 接 螺 纹 | |
| FYS—4 | 74 | 27 | 40 | 4 | $\phi 6 \times 1$ | M12 \times 1.25 | 0.28 |
| FYS—6 | 78 | 27 | 40 | 6 | $\phi 8 \times 1$ | M14 \times 1.5 | 0.29 |
| FYS—8 | 84 | 32 | 44 | 8 | $\phi 10 \times 1$ | M16 \times 1.5 | 0.32 |
| FYS—10 | 88 | 32 | 44 | 10 | $\phi 12 \times 1$ | M18 \times 1.5 | 0.33 |
| FYS—12 | 94 | 36 | 50 | 12 | $\phi 14 \times 1$ | M20 \times 1.5 | 0.48 |
| FYS—14 | 98 | 36 | 50 | 14 | $\phi 16 \times 1$ | M22 \times 1.5 | 0.50 |
| FYS—16 | 114 | 42 | 60 | 16 | $\phi 19 \times 1.5$ | M27 \times 2 | 0.76 |
| FYS—18 | 120 | 42 | 60 | 18 | $\phi 22 \times 2$ | M30 \times 2 | 0.80 |
| FYS—20 | 140 | 50 | 66 | 20 | $\phi 25 \times 2.5$ | M36 \times 2 | 1.20 |